

ICIP

Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique

BÂTIMENTS

Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur les bâtiments publics en Ontario



2021/2022



BRF

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

À propos de ce document

Établi en vertu de la *Loi de 2013 sur le directeur de la responsabilité financière*, le Bureau de la responsabilité financière (BRF) a pour mandat de fournir une analyse indépendante de la situation financière de la province, des tendances de l'économie provinciale et de toute autre question d'intérêt pour l'Assemblée législative de l'Ontario.

Le présent rapport a été préparé par Sabrina Afroz, Nicolas Rhodes, Jay Park et Mavis Yang, sous la supervision d'Edward Crummey. Ce rapport a bénéficié de la contribution de Katrina Talavera, Laura Irish, Paul Lewis et David West. Des évaluateurs externes ont commenté des versions précédentes de ce rapport. Cependant, la participation d'évaluateurs externes n'implique aucunement leur responsabilité en ce qui concerne le rapport final, laquelle repose entièrement sur le BRF.

Conformément au mandat du BRF visant à fournir à l'Assemblée législative de l'Ontario une analyse économique et financière indépendante, ce rapport ne renferme aucune recommandation.



BRF
BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO



Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario
2, rue Bloor Ouest, bureau 900, Toronto (Ontario) M4W 3E2
fao-on.org/fr | info@fao-on.org | 416-644-0702

Ce document est également disponible en format accessible et peut être téléchargé au format PDF depuis notre site Web.

ISSN 2564-3932

© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2021





BRF

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique

Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur les bâtiments publics en Ontario

Table des matières

1 Introduction et contexte	3
2 Résumé	4
3 Les coûts à long terme de l'entretien des infrastructures publiques	8
4 Le coût des dangers climatiques clés pour les bâtiments	13
5 Adaptation des bâtiments publics aux dangers climatiques	21
6 Comparaison des coûts de différentes stratégies de gestion des biens	29
7 Annexe	33
8 Bibliographie	46



Glossaire des termes

Terme abrégé

Terme	Définition
AR5	Cinquième rapport d'évaluation
AR6	Sixième rapport d'évaluation
ICIP	Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique (projet)
VRA	Valeur de remplacement actuelle
IDF	Intensité-Durée-Fréquence (courbe)
GIEC	Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
E et E	Exploitation et entretien
SRCP	Scénarios RCP
EELM	Experts en la matière
DVU	Durée de vie utile
WSP	WSP Global inc.

Définition

Valeur de remplacement actuelle : La VRA est le coût actuel de reconstruction d'un bien avec une capacité, une fonctionnalité et un rendement équivalents.

Exploitation et entretien (E et E) : Interventions de routine réalisées sur un bien pour en prolonger la vie utile au maximum et minimiser les interruptions de service.

Remise en état : Remise en état d'une partie ou de la presque totalité d'un bien pour en prolonger la vie utile, sans amélioration de ses capacités, ses fonctionnalités et ses performances.

Réfection : La réfection est le remplacement d'un bien existant, donnant lieu à un bien neuf ou comme neuf, doté de capacités, de fonctionnalités et de performances équivalentes à celles du bien original. La réfection diffère de la remise en état, puisqu'elle consiste à construire le bien à nouveau.

Bon état de fonctionnement : Norme de performance qui aide à maximiser les avantages de l'infrastructure publique de manière rentable et fait en sorte que les biens sont exploités dans un état qui est considéré acceptable tant du point de vue de l'ingénierie que de la gestion des coûts.

Stabilité climatique/projection financière de référence : Les dépenses d'exploitation et d'entretien, ainsi que de remise en état et de réfection requises pour maintenir les bâtiments publics en bon état de fonctionnement dans le cas où les indicateurs climatiques relatifs aux précipitations extrêmes, aux chaleurs extrêmes et aux cycles gel/dégel resteraient inchangés par rapport à leurs niveaux moyens pour la période 1975-2005 au cours de la période de projection jusqu'en 2100.



Fin du siècle : Désigne les 79 années de 2022 à 2100.

Danger sévère : Dangers climatiques qui se produisent rarement (tempêtes de récurrence de 100 ans).

Danger chronique : Dangers climatiques qui évoluent de façon graduelle.

Rénovation : Une rénovation est une adaptation faite pendant la vie utile d'un bâtiment

Adaptation : L'adaptation correspond à l'altération des composants physiques d'un bâtiment afin de prévenir une détérioration plus rapide et une augmentation des dépenses d'exploitation et d'entretien dues à l'évolution des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes. L'adaptation peut prendre la forme d'une rénovation pendant que le bien est toujours en service ou au moment de son renouvellement.

Aucune stratégie d'adaptation/Coûts des dommages : Stratégie de gestion des biens où les bâtiments publics ne sont pas adaptés en fonction des variations des dangers climatiques. Dans le cadre de cette stratégie, des risques liés au changement climatique entraînent des coûts additionnels dus aux détériorations et aux dépenses d'E et E supplémentaires.

Stratégie d'adaptation réactive : Stratégie de gestion des biens dans lesquelles les bâtiments publics ne sont adaptés qu'au moment de leur réfection afin de résister aux changements climatiques.

Stratégie d'adaptation proactive : Stratégie de gestion des biens dans lesquelles les bâtiments publics sont adaptés dès que possible afin de résister aux changements climatiques. Cette adaptation est réalisée lors de la prochaine remise en état d'un bâtiment au travers d'une rénovation ou d'une réfection, selon la première éventualité.

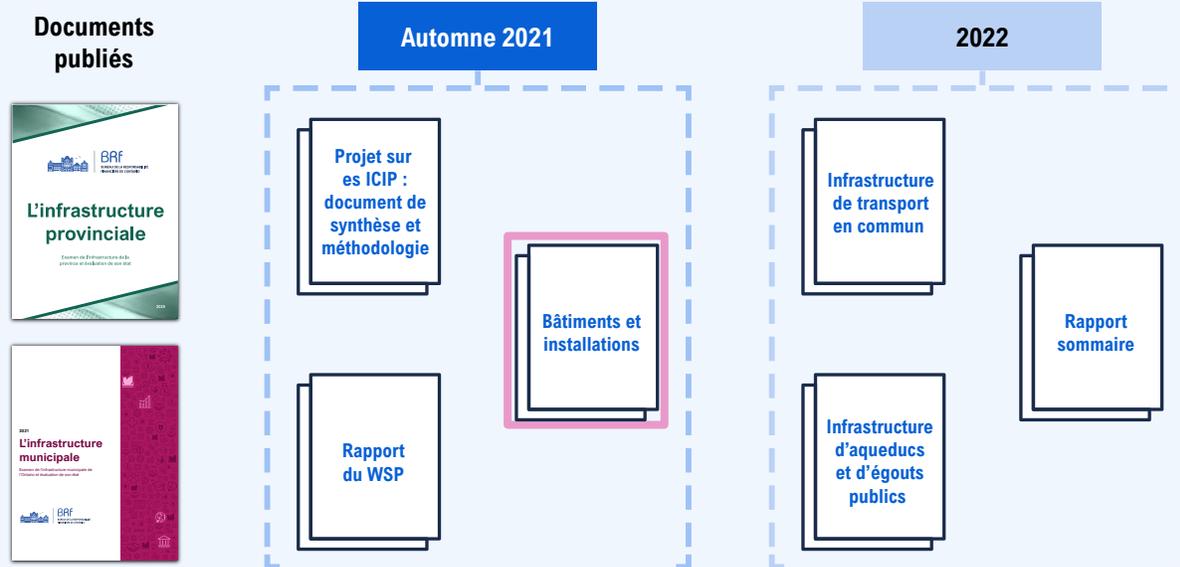
1 | Introduction et contexte

Au mois de juin 2019, un député a demandé au BRF une analyse des coûts qui pourraient découler des impacts du changement climatique sur les infrastructures municipales et provinciales de l'Ontario et de l'effet de ces coûts sur les perspectives budgétaires à long terme de la province. En réponse à cette requête, le BRF a lancé son projet visant à chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique (ICIP).

Lors des deux premières phases de ce projet, le BRF analysé la composition et l'état de l'infrastructure municipale et provinciale, et a publié les résultats de l'analyse en novembre 2020 et en août 2021. Le présent rapport est l'un de trois rapports sectoriels qui présentent les résultats chiffrés liés au changement climatique dans la dernière phase du projet.

Graphique 1-1

Structure et calendrier du projet ICIP



Source : BRF.

Le présent rapport examine les impacts des changements dans la fréquence des épisodes de précipitations extrêmes et de cycles gel/dégel sur les coûts à long terme du maintien des bâtiments publics en bon état de fonctionnement. Le contexte, la méthodologie et les sources de données du projet sont décrits dans le rapport *IPIC : Document d'information et méthodologie du projet*¹. Les renseignements détaillés sur les aspects techniques du projet ICIP sont consultables dans le rapport du WSP². Des calculs de coûts supplémentaires et des téléchargements de données sont disponibles sur le tableau de bord du ICIP sur le site Web du BRF.

¹ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b.

² WSP, 2021.



2 | Résumé

Le gouvernement provincial et les municipalités de l'Ontario sont propriétaires de nombreux bâtiments et installations publics

Le BRF estime que le gouvernement provincial et les municipalités de l'Ontario possèdent et gèrent des bâtiments et installations publics dont la valeur s'élève à environ 254 milliards de dollars³. Ces biens incluent les hôpitaux, les écoles, les collèges, les bâtiments administratifs, les établissements correctionnels, les palais de justice, les infrastructures de transport en commun, les logements sociaux, les installations de tourisme, culturelles et sportives, ainsi que les infrastructures de traitement de l'eau potable, des eaux de pluie et des eaux usées.

Maintenir ces biens en bon état de fonctionnement permet d'optimiser les services rendus par l'infrastructure publique de la façon la plus rentable sur la durée. Ceci nécessite des dépenses annuelles pour l'exploitation et l'entretien (E et E), ainsi que des dépenses en immobilisations ponctuelles afin de remettre en état des parties d'un bien ou pour le remplacer en totalité à la fin de sa vie utile. Le coût qu'engendre le maintien en bon état de fonctionnement des bâtiments et installations publics de l'Ontario serait d'environ 10,1 milliards de dollars⁴ par année en moyenne, pour un total d'environ **799 milliards de dollars** jusqu'à la fin du 21^e siècle (2022 à 2100)⁵. Cette projection des « coûts de référence » correspond à ce qui se serait passé en présence d'un climat stable.

En l'absence de mesures d'adaptation, les changements climatiques auront un impact significatif sur les coûts d'entretien des bâtiments publics

Pour assurer la sécurité et la fiabilité, l'infrastructure publique est conçue, construite et entretenue afin de résister à un ensemble précis de conditions climatiques généralement définies selon des données climatiques historiques. Cependant, les précipitations extrêmes et les chaleurs extrêmes devraient devenir plus fréquentes et extrêmes. D'autre part, les hivers plus courts devraient faire baisser le nombre de cycles gel/dégel. Le BRF estime que, combinés, ces dangers feront augmenter de **6 milliards de dollars** les coûts d'entretien nécessaires pour maintenir les bâtiments et installations publics en bon état de fonctionnement jusqu'à la fin de cette décennie (2022-2030).

³ Valeur de remplacement actuelle en dollars de 2020.

⁴ Toutes les estimations de coûts sont en dollars indexés 2020 non actualisés, sauf indication contraire.

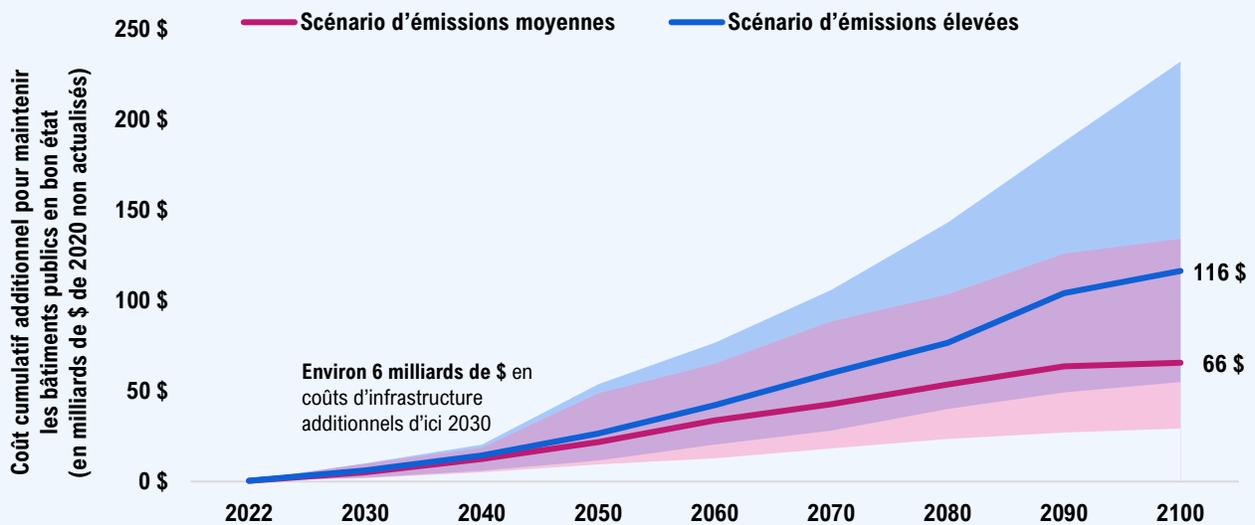
⁵ Les totaux peuvent ne pas correspondre à la somme des chiffres, qui ont été arrondis.



À long terme, l'ampleur du changement climatique à l'échelle mondiale aura une influence sur la gravité de ces dangers climatiques et sur leurs impacts sur les bâtiments publics. Dans un scénario basé sur des émissions moyennes⁶, le coût cumulé qu'engendre le maintien en bon état de fonctionnement des bâtiments publics **existants** augmentera de **66 milliards de dollars** (8,2 % d'augmentation par rapport aux coûts de référence), ou 0,8 milliard de dollars par an en moyenne jusqu'à la fin du 21^e siècle. Cependant, selon un scénario basé sur des émissions élevées⁷, les coûts cumulés augmenteraient de **116 milliards de dollars** (14,5 % d'augmentation par rapport aux coûts de référence), ou 1,5 milliard de dollars par an en moyenne jusqu'à la fin du siècle. Ces résultats se traduiront par une augmentation des dépenses en immobilisation en raison de l'accélération de la détérioration et de la hausse des dépenses d'E et E.

Graphique 2-1

En l'absence de mesures d'adaptation, la multiplication des épisodes de précipitations et de chaleurs extrêmes fera augmenter le coût d'entretien des bâtiments publics existants.



Remarques : la ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux projections de coûts de référence sur la même période.
Source : BRF.

L'adaptation des bâtiments publics pour résister à ces dangers climatiques nécessitera des investissements significatifs.

Afin d'explorer les implications financières de l'adaptation des bâtiments publics de l'Ontario pour qu'ils résistent aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes⁸, le BRF a chiffré deux approches d'adaptation : une stratégie réactive et une stratégie proactive.

⁶ Dans le scénario basé sur des émissions moyennes, les émissions mondiales commencent à décliner dans les années 2050 et la température mondiale moyenne n'augmente pas plus de 2,3 °C par rapport au niveau de 1850-1900.

⁷ Dans le scénario basé sur des émissions élevées, les émissions continuent d'augmenter tout au long du siècle et la température mondiale moyenne augmente de 4,2 °C à la fin du siècle par rapport au niveau de 1850-1900.

⁸ Étant donné que les cycles gel/dégel diminuent dans les deux scénarios d'émissions, les bâtiments ne sont pas adaptés pour ce danger climatique.



La stratégie *réactive* suppose que les bâtiments publics sont reconstruits pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes annoncées par les prévisions pour la fin du siècle lorsqu'ils sont remplacés à la fin de leur vie utile, avec 77 % des bâtiments publics adaptés d'ici 2100⁹. L'adaptation réactive des bâtiments publics de l'Ontario pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes prévues dans le scénario basé sur des émissions moyennes coûterait **52 milliards de dollars** supplémentaires (6,5 % de plus que les coûts de référence) cumulés d'ici 2100. Alors que l'adaptation pour le scénario basé sur des émissions élevées coûterait **91 milliards de dollars** (11,4 % de plus que les coûts de référence).

La stratégie *proactive* suppose que la plupart des bâtiments sont rénovés avant la fin de leur vie utile pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes des projections pour la fin du siècle, et que presque tous les biens seront adaptés d'ici 2060. L'adaptation proactive des bâtiments publics pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes du scénario basé sur des émissions moyennes coûterait **54 milliards de dollars** supplémentaires (6,7 % de plus que les coûts de référence) cumulés d'ici 2100. Alors que l'adaptation pour le scénario basé sur des émissions élevées coûterait **104 milliards de dollars** (13,1 % de plus que les coûts de référence)¹⁰.

Les mesures d'adaptation feront légèrement baisser les coûts financiers directs d'entretien des bâtiments publics à long terme pour les gouvernements provincial et municipaux

L'impact financier de ces dangers climatiques sera matériel pour la province et les municipalités, quelle que soit la stratégie de gestion des biens choisie. Cependant, cette étude n'inclut que quelques coûts financiers directement associés au maintien des bâtiments et installations publics en bon état de fonctionnement. Les coûts sociétaux induits par les interruptions de service, planifiées et non planifiées, sont en dehors du champ d'études du présent rapport, mais ils seraient considérables¹¹. Ces impacts seraient bien plus importants pour les bâtiments qui ne seront pas adaptés.

Même dans le champ étroit des impacts de coûts analysés dans le présent rapport, les coûts assumés par les gouvernements dans les stratégies d'adaptation sont légèrement inférieurs qu'en suivant une stratégie *de non-adaptation*¹². Les avantages comparatifs d'une stratégie d'adaptation seraient plus significatifs si les coûts indirects étaient intégrés.

⁹ Une fois adaptés, les bâtiments publics ne sont plus soumis à une détérioration accélérée ou à des dépenses d'exploitation et d'entretien supplémentaires induites par les épisodes de précipitations intenses et de chaleurs extrêmes.

¹⁰ Ces coûts d'adaptation permettent de résister aux impacts climatiques associés aux projections médianes de précipitations intenses et de chaleurs extrêmes. Consulter la section 5 pour l'ensemble des coûts possibles.

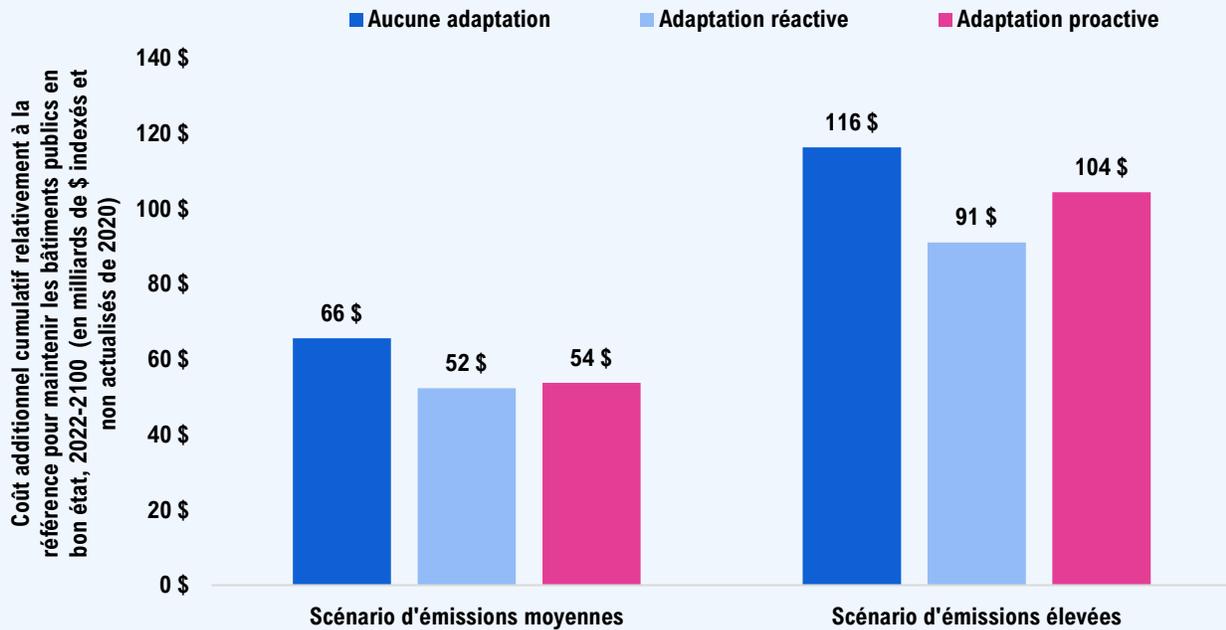
¹¹ Les interruptions, planifiées et non planifiées, des services publics peuvent entraîner une perte de temps de travail, des pertes d'exploitation et d'autres perturbations économiques.

¹² Sur une base actualisée, la stratégie d'adaptation réactive est, d'un point de vue cumulatif, moins coûteuse que l'absence d'adaptation à des taux d'escompte inférieurs allant de 4,5 % à 5,5 % selon les scénarios d'émissions. Voir l'annexe D pour plus de détails.



Graphique 2-2

Les coûts cumulés à long terme pour l'entretien des bâtiments publics de l'Ontario sont légèrement plus faibles lorsque des mesures d'adaptation sont entreprises.



Remarque : les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période.

Source : BRF.

Pour déterminer quelle est la stratégie la plus rentable pour un bien individuel, il est nécessaire de comparer les coûts de différentes stratégies d'adaptation sur sa durée de vie utile, pour un ensemble plus large de dangers climatiques et de coûts sociétaux, et en prenant en considération la situation particulière du bien. Bien que les niveaux de coûts présentés dans ce rapport ne soient pas destinés à faciliter la prise de décisions de gestion pour des biens précis, les résultats montrent que les évolutions des épisodes de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel auront un impact budgétaire important pour la province et les municipalités de l'Ontario.

3 | Les coûts à long terme de l'entretien des infrastructures publiques

Cette section présente les types de bâtiments et installations abordés dans le présent rapport, suivi d'une discussion des coûts nécessaires au maintien de ces biens en bon état de fonctionnement. Sont ensuite présentés dans cette section les coûts d'infrastructure à long terme requis pour maintenir les bâtiments et installations de l'Ontario en bon état de fonctionnement jusqu'en 2100 en présence d'un climat stable. L'objectif de cette section est de définir une projection de référence des coûts d'infrastructure. Dans les prochaines sections, celle-ci sera comparée aux projections tenant compte de certains dangers liés au changement climatique.

L'Ontario possède de nombreux bâtiments et installations publics

Ce rapport se focalise sur les bâtiments et installations possédés et gérés par le gouvernement provincial et les municipalités. Le BRP estime que la valeur de remplacement actuelle¹³ (VRA) de ces biens est de 254 milliards de dollars en 2022, ce qui représente environ 42 % de l'infrastructure totale étudiée dans le cadre du projet ICIP¹⁴.

Les bâtiments et installations publics appartenant au gouvernement provincial représentent une valeur de 141 milliards de dollars (55 %) et les autres biens, représentant 113 milliards de dollars (45 %), appartiennent aux municipalités de l'Ontario¹⁵. Les biens provinciaux comprennent :

- Hôpitaux
- Écoles
- Collèges
- Immeubles de bureaux du gouvernement
- Établissements correctionnels et palais de justice, et
- Infrastructures de transport en commun.

Les biens municipaux comprennent :

- Logements sociaux
- Bâtiments administratifs
- Bâtiments et installations de tourisme
- Installations culturelles, de loisir et sportives
- Infrastructures de traitement de l'eau potable, des eaux de pluie et des eaux usées, et
- Infrastructures de transport en commun.

¹³ La valeur de remplacement actuelle est le coût actuel de reconstruction d'un bien offrant les mêmes capacités, fonctionnalités et performances.

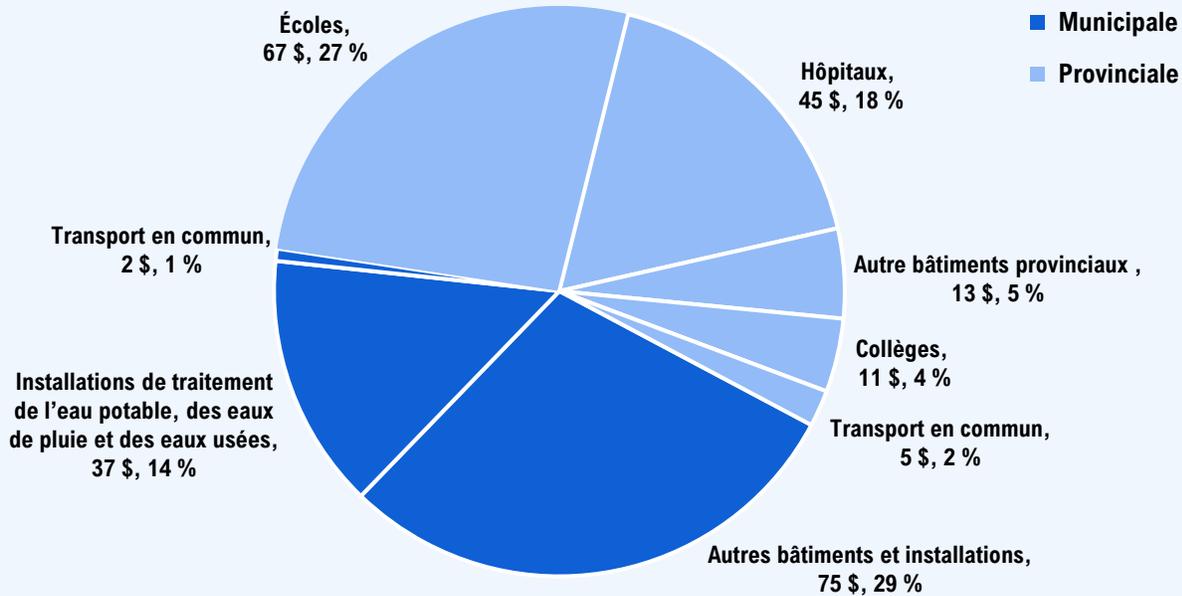
¹⁴ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b.

¹⁵ Consulter l'annexe A pour une présentation détaillée de l'infrastructure immobilière par secteur.



Graphique 3-1

L'ensemble des bâtiments publics de l'Ontario a une valeur de remplacement actuelle de 254 milliards de dollars



Remarque : les estimations de VRA sont en milliards de dollars indexés de 2020. Les pourcentages font référence à la part du total de VRA d'un secteur.

Source : BRF.

L'entretien d'un parc important de bâtiments nécessite des dépenses considérables

Maintenir ces biens en bon état de fonctionnement permet d'optimiser les services rendus par l'infrastructure publique de la façon la plus rentable sur la durée. Ceci nécessite des dépenses d'exploitation et d'entretien (E et E) annuelles, ainsi que des dépenses en immobilisations ponctuelles afin de remettre en état¹⁶ un bien ou pour le remplacer à la fin de sa vie utile¹⁷.

¹⁶ La remise en état signifie la réparation d'une partie ou de la presque totalité d'un bien pour en prolonger la vie utile, sans amélioration de ses capacités, ses fonctionnalités et ses performances. La remise en état diffère de l'entretien, qui consiste pour sa part en une série d'interventions de routine réalisées sur un bien pour en prolonger la vie utile au maximum et minimiser les interruptions de service. La remise en état d'un bien vise à sa remise en bon état (l'objectif de réparation) et non sa remise à neuf. Pour de plus amples renseignements sur le cadre de gestion des biens utilisé dans ce rapport, consulter le document du [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b](#).

¹⁷ La réfection est le remplacement d'un bien existant, donnant lieu à un bien neuf ou comme neuf, doté de capacités, de fonctionnalités et de performances équivalentes à celles du bien original. La réfection diffère de la remise en état, puisqu'elle consiste à construire le bien à nouveau.



L'ancienneté et l'état du parc de bâtiments publics de l'Ontario varient grandement. Afin de faire une projection des coûts associés au maintien en bon état de fonctionnement des bâtiments, le BRF a recueilli et estimé des données spécifiques aux biens concernant l'ancienneté, l'état et la valeur de remplacement actuelle, ainsi que les normes de performance générale utilisées, afin d'évaluer si un bien est en bon état de fonctionnement. Grâce à un modèle de détérioration de l'infrastructure basé sur les techniques de modélisation mises au point par le ministère de l'Infrastructure de l'Ontario¹⁸, le BRF a fait une projection des dépenses en immobilisations et d'exploitation nécessaires pour maintenir le parc actuel¹⁹ de bâtiments publics en bon état de fonctionnement jusqu'en 2100.

Ces estimations des dépenses à long terme d'E et E, de remise en état et de réfection constituent la **projection de référence** par rapport à laquelle les scénarios de chiffrage du changement climatique élaborés dans les sections suivantes seront comparés. La projection de référence représente les coûts d'infrastructure qui auraient été nécessaires pour maintenir les bâtiments publics en bon état dans un climat stable²⁰.

Bien que les dépenses d'E et E soient annuelles, le calendrier des dépenses pour travaux de réfection et de remise en état dépend de l'ancienneté et de l'état d'un bâtiment. Le graphique 3-2 montre la proportion annuelle de bâtiments publics de l'Ontario (par VRA) qui nécessiteraient des dépenses de remise en état ou de réfection jusqu'à la fin du siècle, si les financements nécessaires pour remettre et maintenir le parc actuel de bâtiments publics en bon état de fonctionnement étaient mis à disposition et dépensés en temps utile²¹. En moyenne, environ 6 % des bâtiments nécessiteront une remise en état ou une réfection chaque année.

¹⁸ Pour de plus amples renseignements, consulter les documents du Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario : [L'infrastructure provinciale \(2020\)](#) et [L'infrastructure municipale \(2021a\)](#)

¹⁹ Le présent rapport porte uniquement sur l'ensemble des bâtiments publics existants et exclut les biens en cours de construction, les biens dont la construction est planifiée ou qui sont nécessaires pour répondre à la future demande d'infrastructure.

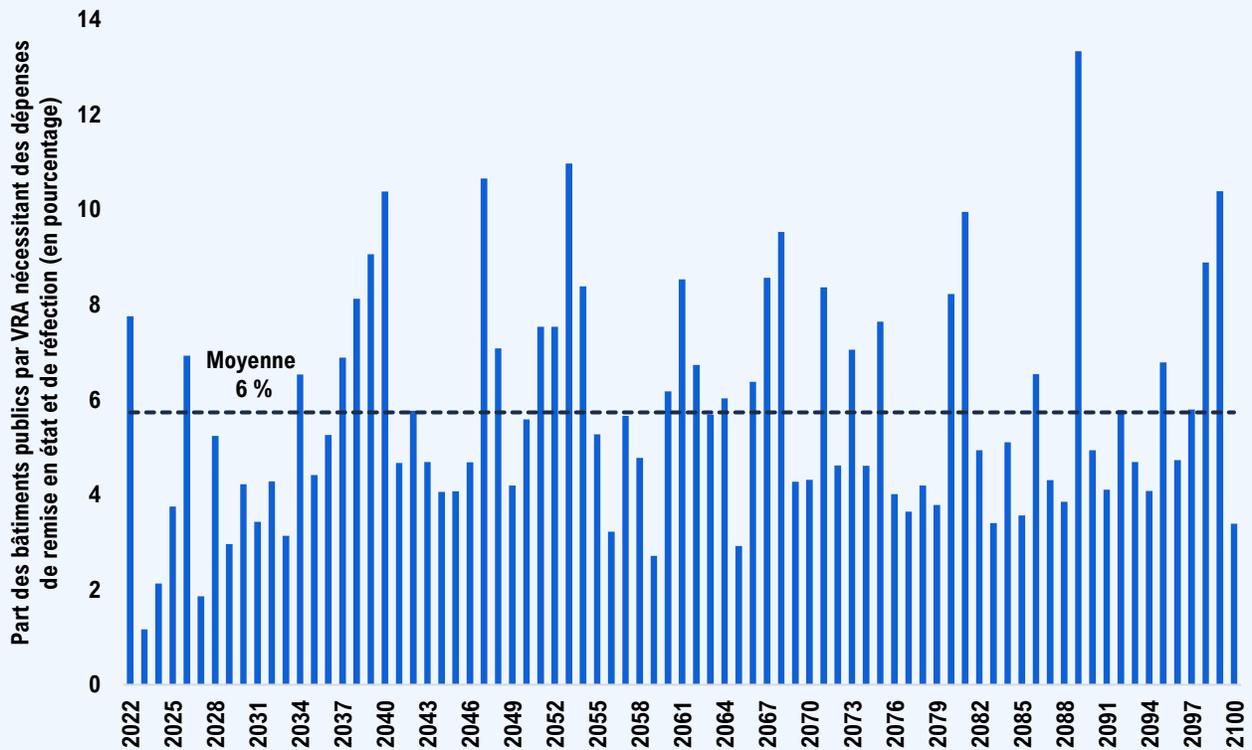
²⁰ Dans le présent rapport, un « climat stable » signifie que tous les indicateurs climatiques pour les précipitations intenses, les chaleurs extrêmes et les cycles gel/dégel restent inchangés par rapport à leurs niveaux moyens de 1975-2005 au cours de la période de projection jusqu'en 2100.

²¹ Cette analyse présume que tous les biens sont remis en état et réhabilités dès que le besoin s'en fait sentir. En pratique, des arriérés d'infrastructure existent, et le maintien des biens en bon état de fonctionnement ne constitue qu'un aspect de la gestion des biens et peut entrer en conflit avec d'autres priorités budgétaires du gouvernement.



Graphique 3-2

Proportion des bâtiments publics nécessitant une remise en état ou une réfection chaque année



Source : BRF.

799 milliards de dollars sont nécessaires pour entretenir les bâtiments publics jusqu'en 2100 si le climat demeure stable

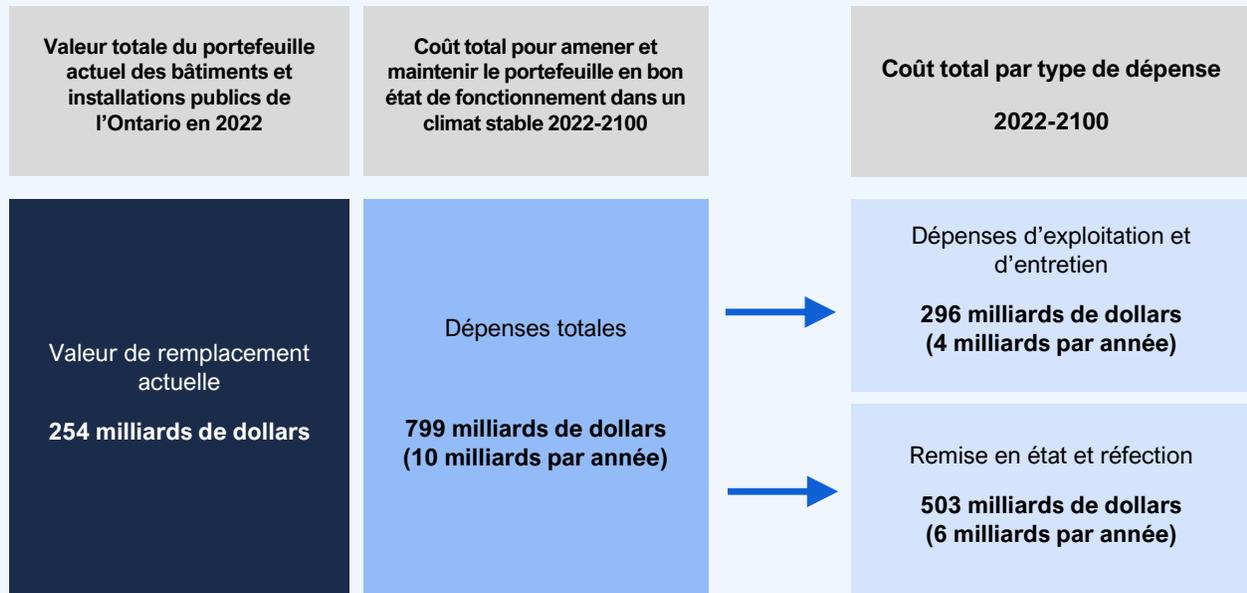
Le coût cumulé pour remettre et maintenir le parc actuel de bâtiments publics de l'Ontario en bon état de fonctionnement jusqu'en 2100 dans un climat stable serait de 799 milliards de dollars, ou une moyenne d'environ 10 milliards de dollars par an. Ce coût de référence inclut 296 milliards de dollars de dépenses d'E et E cumulées et 503 milliards de dollars de dépenses de remise en état et de réfection jusqu'en 2100.

Les coûts induits par le maintien des bâtiments publics en bon état de fonctionnement reflètent la valeur des biens, ainsi que l'état, l'ancienneté et les normes de performance de chaque bien individuel. Par exemple, les biens en mauvais état nécessitent plus de dépenses en immobilisations pour les remettre en bon état de fonctionnement. De même, les biens les plus anciens nécessitent une réfection plus tôt que des biens plus récents.



Graphique 3-3

Coût cumulé du maintien des bâtiments et installations publics de l'Ontario en bon état de fonctionnement jusqu'en 2100 dans un climat stable



Remarque : toutes les valeurs sont en dollars réels de 2020.
Source : BRF.



4 | Le coût des dangers climatiques clés pour les bâtiments

Le changement climatique est associé à de nombreuses menaces pour les infrastructures publiques. Ces menaces peuvent prendre la forme d'événements météorologiques extrêmes ou d'impacts chroniques à long terme pouvant avoir un effet sur le niveau de détérioration des biens. L'Ontario a été sujet à des inondations et à des tempêtes de verglas coûteuses et est également sujet à des sécheresses, à des précipitations extrêmes, à des incendies de forêt, à des tempêtes, à des vagues de chaleur et à la fonte du pergélisol²². Ce projet se focalise sur seulement trois dangers climatiques : les précipitations extrêmes, les chaleurs extrêmes et les cycles gel/dégel. Ceci parce que ces dangers ont été définis comme ayant des impacts matériels importants et coûteux sur l'infrastructure publique et qu'ils peuvent être prévus avec un degré raisonnable d'exactitude scientifique²³.

Cette section résume comment les changements prévus liés à ces dangers climatiques impacteraient les bâtiments publics de l'Ontario en l'absence de mesures d'adaptation. Elle présente ensuite les estimations du BRF pour les coûts à long terme supplémentaires que ces dangers climatiques feraient porter sur le parc de bâtiments publics de l'Ontario en présence des scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées.

Précipitations extrêmes, températures extrêmes et cycles gel/dégel

Pour assurer la sécurité et la fiabilité d'un bien d'infrastructure, celui-ci est conçu, construit et entretenu pour résister à un ensemble précis de conditions climatiques, généralement dérivées de la charge climatique historique²⁴. Cependant, les périodes de précipitations et de chaleurs extrêmes devraient augmenter à l'avenir et le nombre de cycles gel/dégel devrait diminuer.

²² *International Institute of Sustainable Development*, 2021. Warren, F. et Lulham, N., rédacteurs, 2021, Section 6.4.

²³ De nombreux dangers climatiques potentiellement importants, tels que les feux de forêt et les inondations fluviales, n'ont pas été inclus. Pour de plus amples renseignements, consulter le document du BRF : « *Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique : Document d'information et méthodologie du projet* », et le document du WSP : « *Chiffrer les impacts du changement climatique et de l'adaptation des infrastructures publiques provinciales et municipales en Ontario* ».

²⁴ *Code national du bâtiment - Canada 2015*, tableau C-2. *2012 Building Code Compendium: Supplementary Standard SB-1*, ministère des Affaires municipales.



Les **précipitations extrêmes** peuvent souvent dépasser les capacités des réseaux de drainage et entraîner des inondations, des infiltrations d'eau ou accroître l'érosion des infrastructures²⁵. Les précipitations extrêmes peuvent avoir un impact sur les bâtiments en tant que dangers sévères rares (par exemple, les tempêtes à récurrence de 100 ans)²⁶. Les précipitations extrêmes peuvent également avoir des impacts chroniques, tels qu'une humidité permanente ou des infiltrations d'eau. Ce danger climatique inclut les impacts des inondations dues à la pluie (c.-à-d. surcharge du système de drainage), mais pas les impacts des inondations dues aux inondations fluviales (c.-à-d. crues des rivières).

Les **épisodes de chaleurs extrêmes** sont des périodes prolongées de températures élevées. Avec l'augmentation de la fréquence et de la durée des vagues de chaleur, les températures devraient dépasser plus souvent la capacité des infrastructures, augmenter les contraintes sur les matériaux des bâtiments et impacter l'exploitation et l'entretien. Les températures extrêmes sont à la fois un danger chronique et sévère. Par exemple, le gonflement thermique des murs de briques lors d'une vague de chaleur d'ampleur constitue un impact sévère, alors que la détérioration accélérée des systèmes de climatisation plus souvent utilisés en périodes de chaleur est un impact chronique.

Les **cycles gel/dégel** sont des variations entre les températures négatives et positives qui provoquent le gel de l'eau (l'eau se dilate) et le dégel (l'eau se contracte). Le dégel et le regel de l'eau accélèrent l'usure des matériaux des bâtiments, ce qui provoque des dommages importants aux composants de l'infrastructure exposés aux éléments. Les dommages des cycles gel/dégel sont provoqués par la combinaison des variations de température autour de zéro degré et la présence d'eau²⁷. Les cycles gel/dégel peuvent s'autorenforcer. Lorsqu'un de ces cycles se produit, il peut laisser des fissures dans les matériaux des bâtiments, ce qui peut renforcer l'infiltration d'eau et un autre cycle de gel et de dilatation. Les cycles de gel et de dégel « intenses » ont généralement lieu durant l'hiver et se produisent lorsque la température moyenne quotidienne est inférieure à 0 °C.

Les changements d'intensité de trois de ces dangers climatiques impacteront les bâtiments et installations publics de l'Ontario de différentes manières. Un bâtiment typique est composé de nombreux éléments, notamment sa structure, son enveloppe, ses équipements et finitions, ses systèmes mécaniques et électriques, ainsi que son infrastructure publique et son aménagement paysager. La figure 3-1 décrit ces éléments clés d'un bâtiment et présente des exemples de l'interaction entre ces éléments et les trois dangers climatiques.

²⁵ Les précipitations extrêmes sont généralement définies comme des épisodes pluvieux qui durent une journée ou moins et dont la fréquence est de 2 à 100 ans. Par exemple, un épisode pluvieux de 15 minutes tous les 10 ans et des précipitations d'une journée maximum tous les 50 ans sont des variables climatiques listées dans le [Code national du bâtiment - Canada 2015](#)

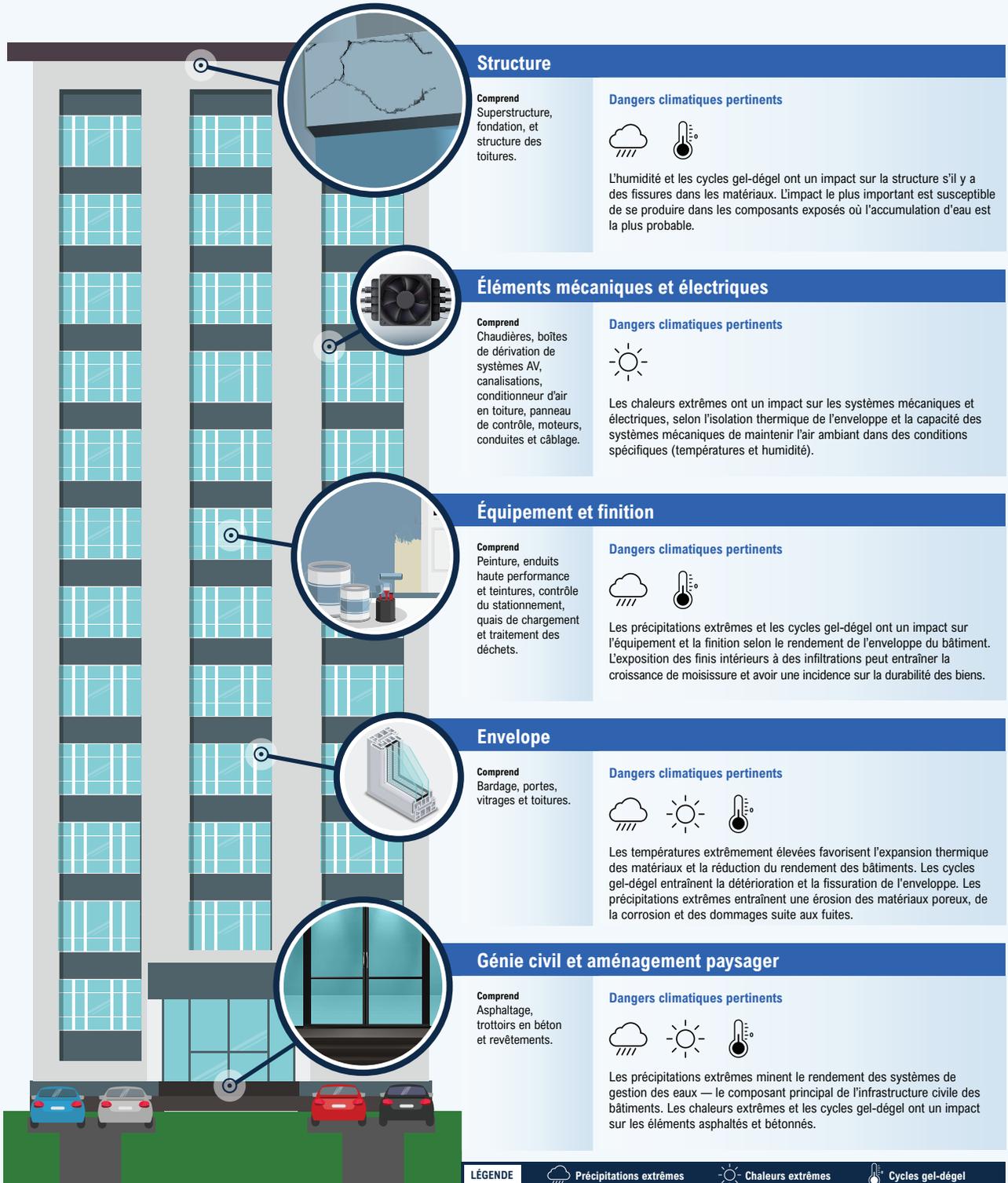
²⁶ La modélisation du BRF capture à la fois les impacts des dangers chroniques et sévères en faisant la moyenne des événements extrêmes sur l'ensemble des régions et sur de longues périodes de temps.

²⁷ Consulter l'annexe B pour une description plus détaillée des dangers climatiques et de leurs projections.



Graphique 4-1

Exemples d'impacts des dangers climatiques sur les composants clés d'un bâtiment public



Remarque : pour d'autres exemples de la façon dont ces dangers climatiques peuvent impacter les éléments d'un bâtiment, consultez le rapport du WSP 2021.
Source : WSP.



La plupart des dangers climatiques touchant les bâtiments vont augmenter

Les impacts des dangers liés aux changements climatiques sur les bâtiments publics de l'Ontario dépendent de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale et de l'ampleur de l'augmentation des températures moyennes dans le monde. Le BRP a chiffré les impacts climatiques sur les bâtiments publics selon trois scénarios d'émissions :

- Un scénario basé sur des émissions faibles qui présume d'un changement radical et immédiat des politiques mondiales en matière de climat. On y projette un pic d'émissions pour le début des années 2020 et une élimination totale des émissions d'ici les années 2080. À la fin de ce siècle, les émissions nettes seraient négatives. Dans ce scénario, il est prévu que les températures moyennes mondiales augmenteraient de 1,6 °C (0,8 à 2,4 °C) d'ici 2100, comparativement aux moyennes de l'ère préindustrielle (1850-1900)²⁸. Les résultats clés de ce scénario sont présentés dans l'annexe E.
- Un scénario basé sur des émissions moyennes. Ce scénario prévoit que les émissions mondiales atteindront un sommet dans les années 2040, puis déclineraient rapidement au cours des quatre décennies suivantes, pour finir par se stabiliser au tournant du siècle. Dans ce scénario, il est prévu que les températures moyennes mondiales augmenteraient de 2,3 °C (1,7 à 3,2 °C) d'ici 2100, comparativement à la période 1850-1900.
- Un scénario basé sur des émissions élevées qui présume que les émissions mondiales vont continuer d'augmenter pendant la presque totalité du siècle²⁹. Ce scénario prévoit que les températures moyennes mondiales augmenteraient de 4,2 °C (3,2 à 5,4 °C), comparativement à la période 1850-1900. Les émissions cumulées de 2005 à 2020 sont proches de ce scénario d'émissions élevées³⁰.

Incertitude des projections liées aux changements climatiques

Le BRP a établi un partenariat avec le Centre canadien des services climatiques et Environnement Canada afin d'obtenir des projections sur les principaux indicateurs climatiques pour l'Ontario. Pour tenir compte de l'incertitude des projections climatiques et conformément aux pratiques communes des sciences du climat, les projections médianes (50^e percentile) des variables climatiques sont présentées, suivies de fourchettes entre parenthèses. Pour les indicateurs climatiques de l'Ontario, les fourchettes indiquent les projections du 10^e et du 90^e percentile pour l'ensemble des 24 modèles climatiques utilisés par le Centre canadien des services climatiques.

Le graphique 4-2 présente une brève description des projections de changements de certains indicateurs climatiques clés utilisés pour représenter ces dangers climatiques. L'annexe B présente une description complète de toutes les variables climatiques pertinentes pour les bâtiments publics, et de leurs tendances dans tous les scénarios.

²⁸ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013, Tableau All.7.5. Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections de 5^e percentile au 95^e percentile des modèles utilisés.

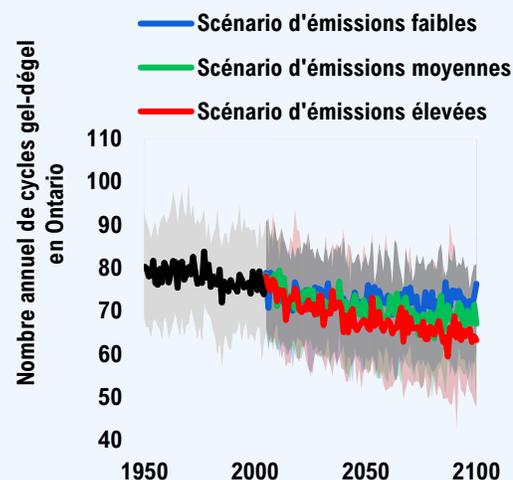
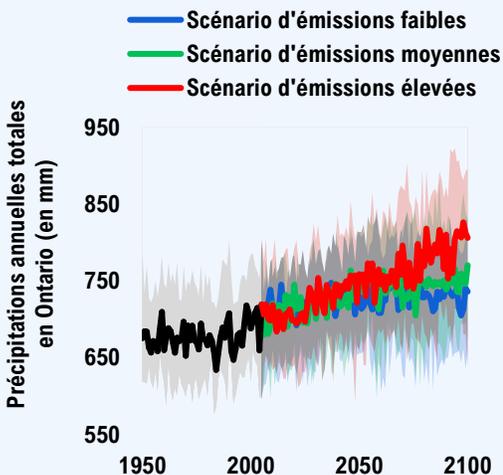
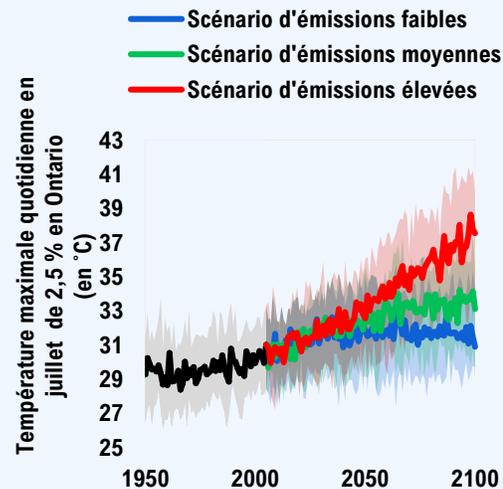
²⁹ Le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (AR5), publié en 2013, présentait quatre scénarios nommés Trajectoires de concentration représentatives (ou RCP, pour Representative Concentration Pathways). Le scénario basé sur des émissions faibles correspond au RCP2.6, le scénario basé sur des émissions moyennes est le RCP4.5 et le scénario basé sur des émissions élevées est le RCP8.5. Consulter le [Cinquième rapport d'évaluation](#) du GIEC. Le sixième rapport d'évaluation du GIEC (AR6), publié en 2021, contient cinq scénarios nommés Trajectoires socioéconomiques partagées (ou SSP, pour Shared Socioeconomic Pathways) qui ont été harmonisés avec les scénarios RCP du rapport AR5 en ce qui a trait au réchauffement moyen. Ceci signifie que les scénarios RCP du rapport AR5 sont toujours pertinents.

³⁰ Pacific Climate Impacts Consortium, 2021.



Graphique 4-2 :

Évolution des dangers climatiques en Ontario



Source : Centre canadien des services climatiques.

Augmentation des chaleurs extrêmes

- Les projections de changement pour températures maximales de juillet en Ontario diffèrent considérablement selon les scénarios d'émissions faibles ou élevées. Comparé à la moyenne de 1976-2005, qui est la période de référence pour ce rapport, il est prévu que les températures maximales de juillet soient supérieures de 1,7 °C (1,3 à 2,0 °C) d'ici les années 2030 dans le scénario à faibles émissions. Il est prévu que les températures maximales de juillet augmentent de 1,9 °C (0,9 °C à 2,8 °C) d'ici les années 2080 selon le scénario à faibles émissions et de 6,5 °C (4,3 °C à 7,6 °C) selon le scénario à émissions élevées.
- Le degré de confiance dans les projections de tendances et la plage des variables de température est élevé en raison des fortes certitudes scientifiques quant aux causes des changements observés.

Augmentation des précipitations extrêmes

- Il est prévu que les précipitations annuelles en Ontario augmentent de 6,0 % (5,3 à 6,6 %) dans le scénario à faibles émissions d'ici les années 2030. D'ici les années 2080, on prévoit que les précipitations annuelles moyennes augmenteront de 7,1 % (4,0 à 7,8 %) selon le scénario à faibles émissions et de 15,0 % (6,2 à 18,2 %) selon le scénario à émissions élevées.
- Le degré de confiance dans les projections de tendances et la plage des variables de précipitations est légèrement plus faible (élevé à moyen) que pour les variables de température parce qu'il est moins certain que les processus climatiques concernés soient bien représentés dans les modèles climatiques en question.

Diminution des cycles gel/dégel

- Le nombre de cycles gel/dégel annuels est le nombre de jours d'une année durant lesquels la température franchit 0 °C. La saison hivernale raccourcira au cours des prochaines décennies en raison de l'augmentation des températures. Il est prévu que la moyenne des cycles gel/dégel en Ontario diminue de 4,9 % (1,5 à 11,9 %) dans le scénario à faibles émissions d'ici les années 2030. D'ici les années 2080, on prévoit que les cycles annuels de gel/dégel diminueront de 5,5 % (0 à 15,2 %) selon le scénario à faibles émissions et de 15,1 % (0 à 24,9 %) selon le scénario à émissions élevées.
- Le degré de confiance dans les projections des cycles annuels de gel/dégel est élevé et le degré de confiance pour les cycles gel/dégel intenses est moyen en raison de la quantité de données relatives aux projections de tendances et de plages.





Les dangers climatiques augmentent le coût d'entretien des bâtiments publics

En l'absence de mesures d'adaptation, la détérioration accélérée des biens raccourcira la durée de vie utile des bâtiments publics, ce qui nécessitera des remises en état supplémentaires et plus fréquentes. Les dangers liés aux changements climatiques entraîneront également des dépenses d'exploitation et d'entretien supplémentaires. Ensemble, ces facteurs auront pour effet d'augmenter les coûts d'exploitation et d'immobilisations nécessaires pour maintenir les bâtiments publics en bon état de fonctionnement.

Dans cette section, le BRF présente l'estimation du coût induit par une *stratégie de non-adaptation*, dans laquelle les gestionnaires de biens n'adaptent pas les bâtiments publics pour qu'ils résistent aux dangers liés aux changements climatiques. Dans cette stratégie, les biens demanderont des dépenses d'exploitation et d'entretien plus élevées, ainsi que des dépenses en immobilisations supplémentaires afin de faire face à l'accélération des détériorations. Ces coûts viennent s'ajouter aux coûts de référence estimés dans la section précédente. Bien qu'en réalité il existe de nombreuses initiatives d'adaptation au changement climatique déjà en cours, l'objectif de la stratégie de non-adaptation est d'explorer les implications financières de l'absence de mesures destinées à adapter les bâtiments publics aux changements climatiques.

Coûts des *stratégies de non-adaptation*

Si les bâtiments publics ne sont pas adaptés pour surmonter les dangers liés au changement climatique, les maintenir en bon état de fonctionnement exigera des dépenses de E et E plus élevées ainsi que des dépenses en immobilisation supplémentaires pour remédier à l'accélération de la détérioration. Ces coûts sont définis comme des « coûts liés aux dommages ».

Si une *stratégie de non-adaptation* est adoptée pour l'ensemble des bâtiments publics en Ontario, l'impact financier le plus important sera celui des périodes de chaleurs extrêmes et de précipitations extrêmes; la baisse des cycles gel/dégel compensant marginalement les coûts³¹. Le BRF estime qu'en l'absence de stratégie d'adaptation, le coût cumulé induit par le maintien des bâtiments en bon état de fonctionnement augmentera d'environ **6 milliards de dollars**³² par rapport au niveau de dépense de référence dans un climat stable d'ici la fin de cette décennie (2022 à 2030).

À long terme, l'ampleur du changement climatique à l'échelle mondiale aura une influence sur la gravité de ces dangers climatiques et leurs impacts sur les bâtiments publics. Selon le scénario basé sur des émissions moyennes, le coût cumulé qu'engendre le maintien en bon état de fonctionnement des bâtiments publics existants augmentera de **66 milliards de dollars** (8,2 % d'augmentation par rapport aux coûts de référence), ou 0,8 milliard de dollars par an en moyenne d'ici la fin du 21^e siècle. Cependant, selon un scénario basé sur des émissions élevées, les coûts cumulés augmenteraient de **116 milliards de dollars** (14,5 %), ou de 1,5 milliard de dollars par an en moyenne d'ici la fin du siècle³³.

³¹ Voir l'annexe C pour tous les détails.

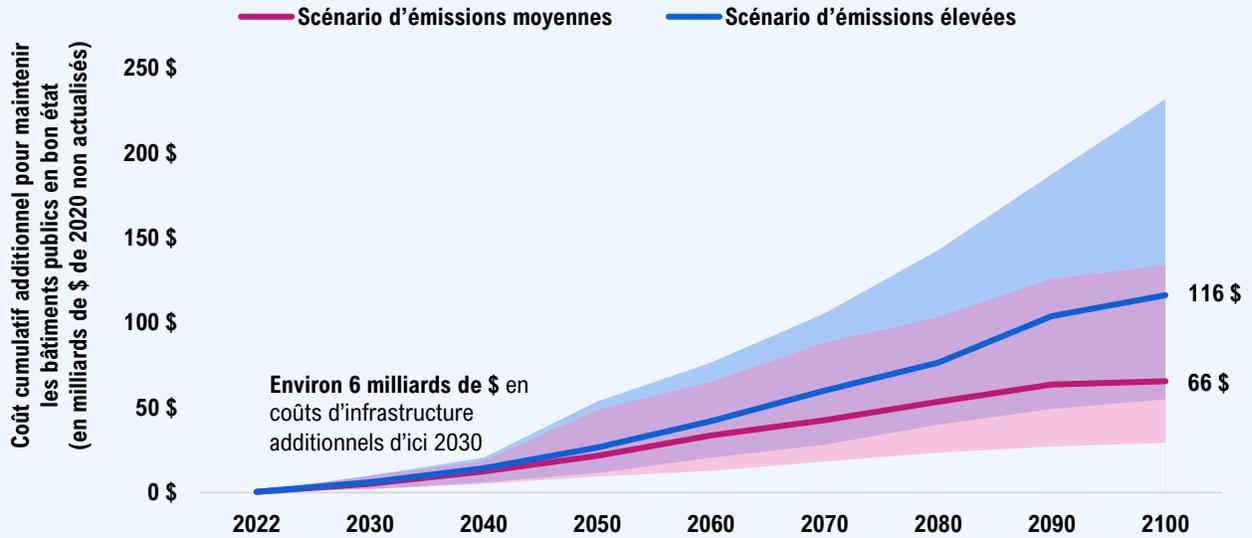
³² Il s'agit de l'augmentation moyenne des coûts moyens dans la projection médiane des scénarios d'émissions moyennes et élevées, qui sont de 5 et 6 milliards de dollars respectivement.

³³ Ces résultats correspondent aux projections médianes des scénarios d'émissions moyennes et élevées respectivement.



Graphique 4-3

En l'absence de mesures d'adaptation, la multiplication des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes fera augmenter le coût d'entretien des bâtiments publics existants.



Remarques : la ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période.
Source : BRF.

Ces coûts cumulés pourraient varier étant donné la diversité des projections climatiques de chaque scénario d'émissions mondiales. Dans le scénario d'émissions moyennes, le BRF estime que d'ici 2100 les coûts supplémentaires d'infrastructure pour l'entretien des bâtiments publics en Ontario pourraient se chiffrer entre 29 milliards de dollars (supérieur de 3,7 % aux coûts de référence) et 134 milliards de dollars (16,8 %) d'ici 2100. Selon le scénario d'émissions élevées, ces coûts supplémentaires pourraient atteindre entre 55 milliards de dollars (6,9 %) et 232 milliards de dollars (29 %) d'ici 2100.

5 | Adaptation des bâtiments publics aux dangers climatiques

La section 4 décrit l'impact financier d'une absence de stratégie d'adaptation des bâtiments publics aux changements attendus en matière de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel/dégel. En pratique, les bâtiments peuvent être adaptés pour résister à ces phénomènes; ceci afin de s'assurer que ces biens conservent les performances pour lesquelles ils ont été initialement conçus et ne subissent pas de détérioration accélérée ni une augmentation des dépenses d'E et E.

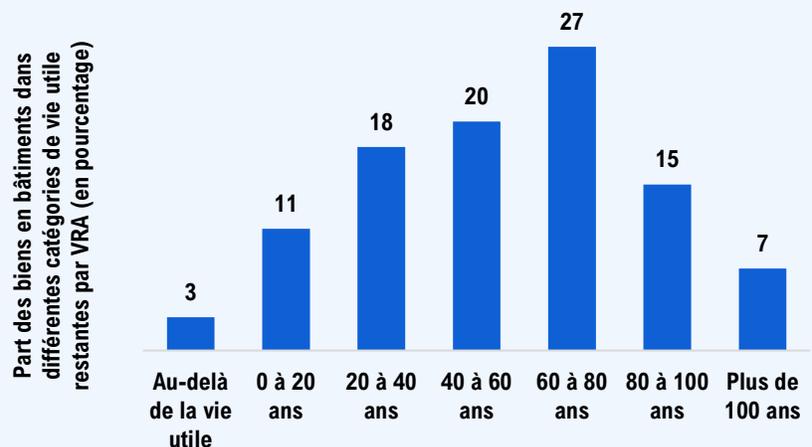
Cette section aborde les différentes mesures d'adaptation, définit le champ d'application des adaptations analysées dans ce rapport et présente une estimation des coûts liés à l'adaptation des bâtiments publics de l'Ontario afin qu'ils puissent résister aux changements climatiques liés aux périodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes³⁴ prévues par les scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées.

L'adaptation des bâtiments publics peut faciliter la prévention des impacts des dangers liés aux changements climatiques

Les bâtiments publics de l'Ontario ont une durée de vie utile très longue. De nombreux bâtiments construits au 19^e siècle sont toujours utilisés actuellement. Presque 70 % des bâtiments publics de l'Ontario ont une durée de vie utile restante de 40 ans ou plus, et plus de 20 % ont une durée de vie utile restante de 80 ans ou plus. Étant donné la longue durée de vie utile des bâtiments publics, les conditions climatiques de la fin du siècle pèsent sur les décisions d'adaptation prises à l'heure actuelle. Ces décisions auront un impact sur les coûts d'infrastructure publique tout au long du siècle.

Graphique 5-1

Les bâtiments publics de l'Ontario ont de longues vies utiles restantes



Source : BRF.

³⁴ Étant donné que le nombre de cycles gel/dégel annuel devrait diminuer selon tous les scénarios, ce danger climatique est exclu de l'analyse dans cette section.



Cependant, les projections climatiques dépendent de la direction que prendront les émissions mondiales, ce qui reste incertain. Ceci soulève la difficile question de la façon dont les projections de changements climatiques clés devraient être prises en considération lors de la conception, de la construction et de la rénovation des bâtiments publics³⁵.

L'adaptation des infrastructures publiques pour les précipitations et les chaleurs extrêmes pourrait prendre des formes diverses. En voici quelques exemples :

- Mise à jour des paramètres de conception de l'infrastructure à un niveau de standard plus élevé³⁶.
- Les collectivités publiques de l'Ontario explorent diverses options d'adaptation et ont adopté des mesures, notamment des interprétations du code du bâtiment, des directives générales pour les concepteurs et les exploitants, des systèmes de certification et des projets pilotes³⁷.
- Amélioration de l'environnement autour d'un bâtiment pour améliorer sa capacité à résister aux changements climatiques. Ceci pourrait se faire à grande ou petite échelle et impliquer l'utilisation d'une infrastructure verte. Par exemple, le Projet de protection des terrains portuaires contre les inondations a pour objectif de fournir une protection contre les inondations pour 290 hectares situés dans le sud-est du centre-ville de Toronto et qui se trouvent dans la plaine inondable de la rivière Don³⁸. Pour protéger les terrains portuaires contre les inondations, la majorité des terrains situés dans la plaine inondable de la rivière Don seront surélevés de 1 à trois mètres au minimum. Le projet intègre également une infrastructure verte, avec notamment la création de zones humides et de marais, vers lesquels l'eau sera redirigée lors des épisodes de fortes inondations.
- Modification de la façon dont les biens sont administrés. Par exemple, modifier la fréquence des opérations et les calendriers d'entretien³⁹.

L'adaptation peut inclure des améliorations de l'efficacité énergétique afin de réduire les émissions. Par exemple, le gouvernement fédéral investit 182 millions de dollars pour améliorer l'efficacité énergétique et faire face aux changements climatiques en améliorant la conception, la rénovation et la construction des maisons et des bâtiments⁴⁰.

Dans le cadre d'analyse du BRF, l'adaptation est modélisée comme une altération des composants physiques d'un bâtiment afin de prévenir les coûts des dégâts provoqués par les évolutions des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes. Quelques exemples de mesures d'adaptation pour chaque composant d'un bâtiment sont présentés à la figure 5-2⁴¹.

³⁵ Voir le document d'Infrastructure Canada *Optique des changements climatiques* pour des directives générales sur les différents facteurs à prendre en considération lors des prises de décisions concernant les mesures d'adaptation.

³⁶ Bien que les données climatiques qui sous-tendent les versions actuelles des codes du bâtiment sont basées sur des observations historiques (voir le *Code national du bâtiment - Canada 2015*, tableau C-2, et le *2012 Building Code Compendium: Supplementary Standard SB-1*, ministère des Affaires municipales), de nombreux projets sont en cours pour intégrer des considérations liées au changement climatique dans la gestion des bâtiments publics. Au niveau fédéral, l'Initiative sur les immeubles résilients aux changements climatiques et les infrastructures publiques de base a soutenu le développement de données climatiques prospectives, qui pourraient être intégrées dans l'édition 2025 du Code national du bâtiment, et ensuite dans le *Code du bâtiment de l'Ontario* (voir : Cannon, A. J., Jeong, D. I., Zhang, X., et Zwiers, F. W., 2020).

³⁷ Voir *Plateforme canadienne d'adaptation aux changements climatiques* et Warren, F. et Lulham, N., rédacteurs, 2021, case 2.3. De plus, le *Règl. de l'Ont. 588/17*, amendé par le *Règl. de l'Ont. 193/21*, donne l'obligation aux municipalités d'envisager des mesures pour remédier aux vulnérabilités pouvant être induites par les changements climatiques sur les biens d'infrastructure des municipalités.

³⁸ Voir *Waterfront Toronto, 2021*.

³⁹ Voir le document *Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer* de Asset Management BC.

⁴⁰ Voir le document du gouvernement du Canada, 2020.

⁴¹ Pour une description complète d'exemples d'adaptation, voir *WSP 2021*.

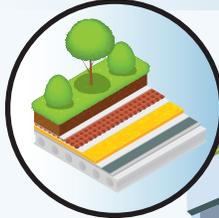


Graphique 5-2

Exemples de mesures d'adaptation des composants d'un bâtiment pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes

Structure

Mise à niveau de la structure du toit pour supporter une charge plus importante en raison de la retenue des eaux de pluie. Les coûts peuvent également inclure l'ajout de drains et de membranes imperméables.



Éléments mécaniques et électriques

Des installations de refroidissement nouvelles ou additionnelles seront requises pour maintenir le confort dans les espaces intérieurs.



Équipement et finition

Déplacer les équipements extérieurs hors des zones pouvant être inondées en raison de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations de courte durée et à intensité élevée.



Enveloppe

Les finis extérieurs doivent être plus durables afin de supporter la chaleur et maintenir la protection thermique de l'environnement intérieur, ainsi que de protéger les autres composants du bâtiment de la majeure partie du stress entraîné par les chaleurs extrêmes.

Le drainage de la toiture doit être prévu pour les projections de précipitations futures et présenter une pente suffisante pour limiter la formation de flaques d'eau.

Génie civil et aménagement paysager

Bassins d'eau de pluie, galeries de captage et bassins de retenue afin de ralentir et de réduire la rapidité et la quantité du ruissellement des eaux de pluie.

Remarque : pour d'autres exemples de la façon dont les composants d'un bâtiment peuvent être adaptés aux dangers climatiques, consultez le rapport du [WSP 2021](#).

Source : WSP.



Les coûts de la stratégie d'adaptation varient selon l'approche adoptée

Afin d'estimer les coûts d'adaptation, le BRF a présumé que les bâtiments et installations publics sont adaptés pour résister aux précipitations extrêmes et aux chaleurs extrêmes prévues pour la fin du siècle.⁴² Une fois un bâtiment adapté, le BRF part du principe qu'il n'y aura aucun coût supplémentaire induit par une détérioration accélérée ou une augmentation des dépenses d'exploitation/d'entretien⁴³. Pour souligner les différences potentielles de coûts, le BRF a défini deux stratégies d'adaptation :

- **Stratégie d'adaptation réactive** : Les bâtiments ne sont adaptés qu'au moment de leur réfection. Cette approche entraîne une augmentation graduelle de la part des bâtiments adaptés au cours du siècle, avec environ 77 % des biens adaptés d'ici 2100. Les 23 % restants ont une durée de vie utile qui va au-delà de 2100 et ne font pas l'objet d'une réfection ou d'une adaptation sur la période de projection. Ces bâtiments subissent une détérioration accélérée et des coûts d'exploitation et d'entretien supérieurs sur la période concernée par les perspectives.
- **Stratégie d'adaptation proactive** : Les bâtiments sont adaptés dès que possible. Cette adaptation est réalisée lors de la prochaine remise en état majeure d'un bâtiment au travers d'une rénovation⁴⁴ ou d'une réfection, selon la première éventualité. Dans cette approche, tous les bâtiments seront adaptés d'ici 2060.

Coûts des stratégies d'adaptation

Les coûts additionnels associés à la stratégie d'adaptation comprennent les suivants : les coûts d'immobilisations découlant de l'augmentation de la détérioration et des dépenses d'exploitation et d'entretien supplémentaires jusqu'aux travaux d'adaptation, les investissements ponctuels d'adaptation (par rénovation ou réfection) et les dépenses d'immobilisations et d'exploitation/entretien supplémentaires nécessaires pour maintenir en bon état les biens adaptés de plus grande valeur.

⁴² La décennie 2080 a été choisie afin de faire une approximation des changements climatiques dans la deuxième moitié du 21^e siècle. Pour plus de détails, voir l'annexe C.

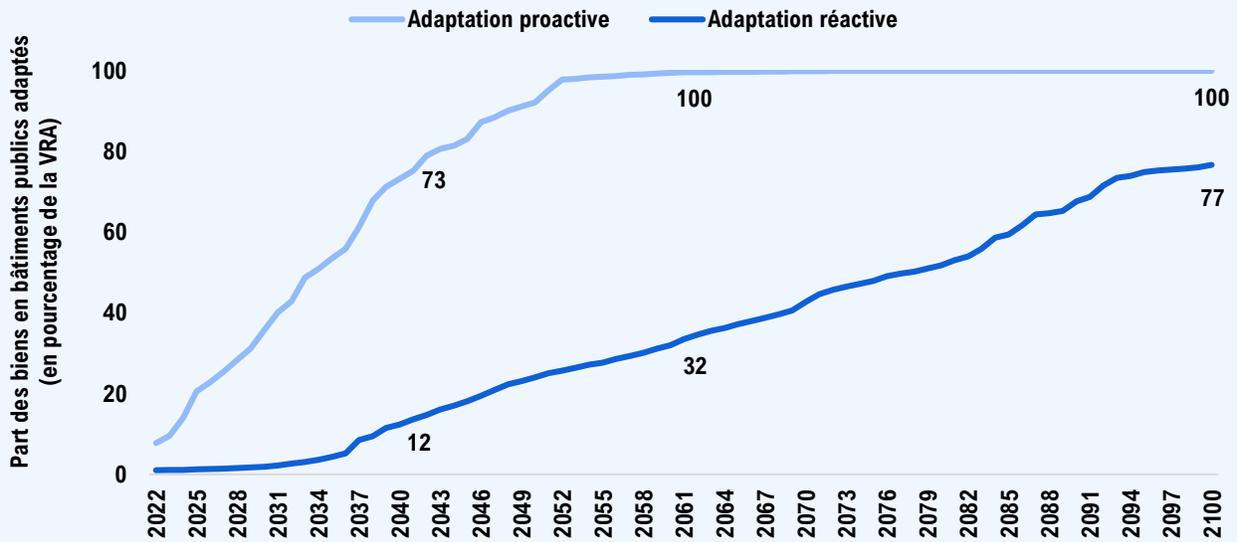
⁴³ Cependant, lorsqu'un bâtiment a été adapté, sa VRA augmente pour refléter l'ajout de composants résistants aux dangers climatiques, ce qui augmente les dépenses associées au maintien des biens adaptés en bon état de fonctionnement.

⁴⁴ Une rénovation est une adaptation faite pendant la vie utile d'un bâtiment. Le coût de rénovation d'un bâtiment existant est généralement plus élevé que celui d'une adaptation réalisée lors de la conception et de la construction d'un bâtiment de remplacement.



Graphique 5-3

Dans la *stratégie d'adaptation réactive*, un nombre inférieur de biens est adapté d'ici 2100



Source : BRF.

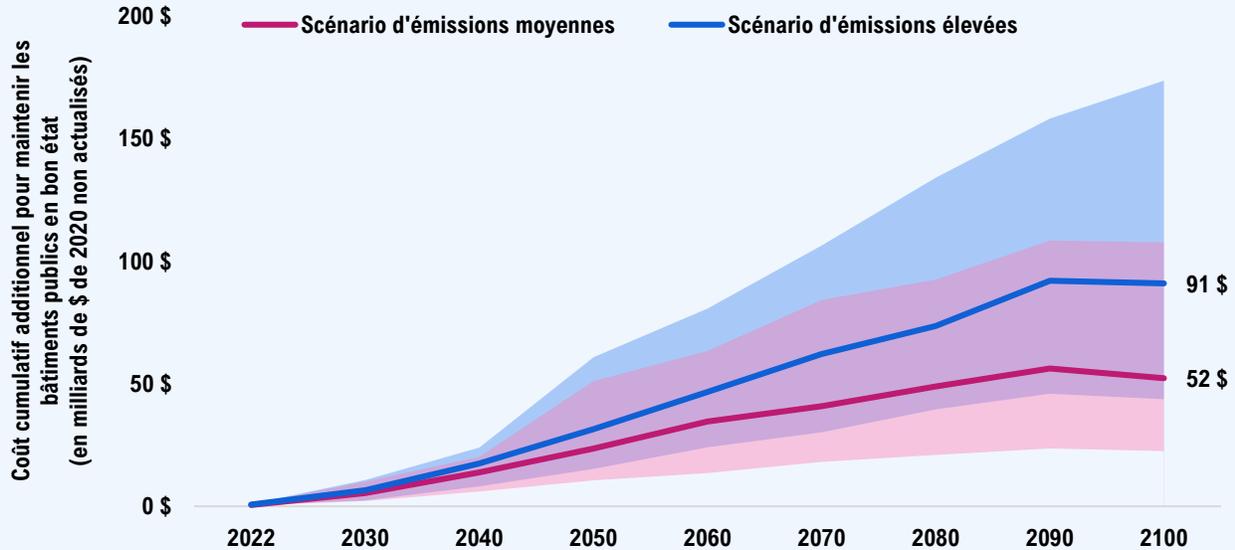
Adapter les bâtiments publics de l'Ontario sera coûteux

Dans la *stratégie d'adaptation réactive*, le maintien des bâtiments publics de l'Ontario en bon état de fonctionnement coûterait **52 milliards de dollars** supplémentaires cumulés (65 % de plus que les coûts de référence) jusqu'en 2100 selon le scénario d'émissions moyennes. Dans le scénario d'émissions élevées, les coûts augmenteraient de **91 milliards de dollars** (11,4 % de plus par rapport aux coûts de référence).



Graphique 5-4

La stratégie d'adaptation réactive implique une augmentation graduelle des coûts jusqu'à la fin du 21^e siècle.



Remarques : la ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période.
Source : BRF.

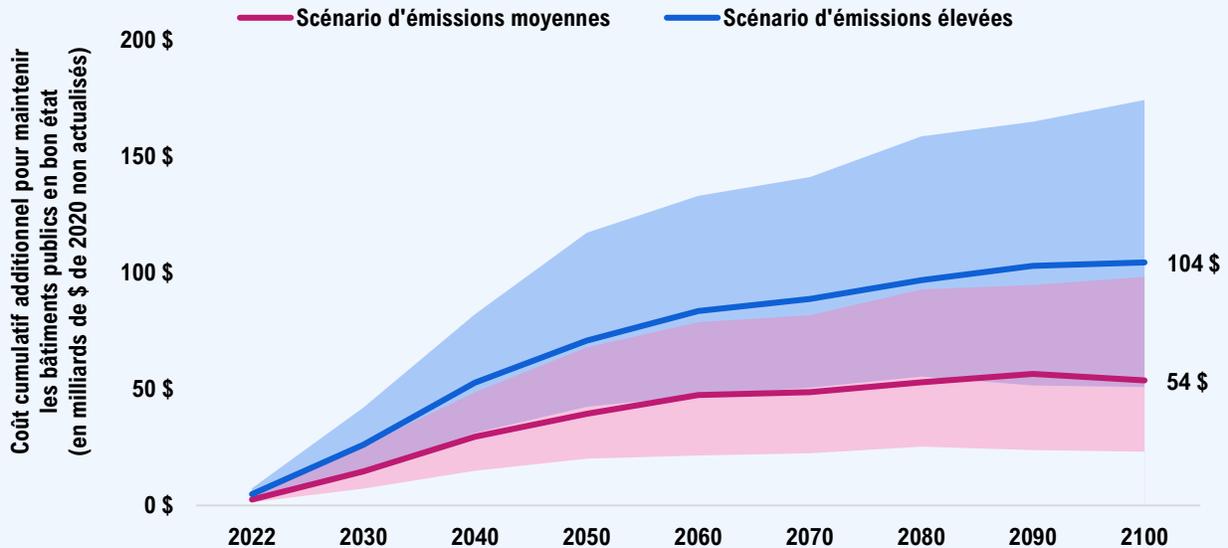
Dans la *stratégie d'adaptation proactive*, l'entretien des biens coûterait **54 milliards de dollars** supplémentaires cumulés (6,7 % de plus que les coûts de référence) selon le scénario d'émissions moyennes d'ici 2100. Dans le scénario d'émissions élevées, les coûts augmenteraient de **104 milliards de dollars** (13,1 % de plus par rapport aux coûts de référence)⁴⁵.

⁴⁵ Ces coûts d'adaptation permettent de mettre en œuvre des mesures visant à résister aux impacts climatiques associés aux projections médianes de précipitations intenses et de chaleurs extrêmes.



Graphique 5-5

L'adaptation proactive de tous les bâtiments publics nécessiterait d'importants investissements à très court terme



Remarques : la ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période.
Source : BRF.

Dans une *stratégie d'adaptation proactive*, les coûts cumulés sur les quatre prochaines décennies (2022-2060) sont considérablement plus élevés comparativement à la *stratégie d'adaptation réactive*. Ceci est dû au fait que dans la stratégie proactive, tous les biens sont adaptés d'ici 2060, alors que dans la stratégie réactive seulement environ un tiers des biens sont adaptés au cours de la même période. De plus, la plupart des adaptations se font sous forme de rénovations, qui sont plus coûteuses que les adaptations par réfection.

À la fin du siècle, les coûts cumulés de la stratégie *proactive* sont plus élevés que ceux de la stratégie *réactive*. Ceci reflète le fait que, selon la stratégie *proactive*, tous les bâtiments sont adaptés (beaucoup par des rénovations plus coûteuses), alors que selon la stratégie *réactive*, seulement 77 % des biens sont adaptés d'ici 2100⁴⁶.

Étant donné la diversité des projections climatiques de chaque scénario d'émissions mondiales, ces coûts cumulés pourraient varier⁴⁷. Selon le scénario basé sur des émissions moyennes, les coûts des deux stratégies sont compris entre 22 milliards de dollars (2,8 % au-dessus des coûts de référence) et 108 milliards de dollars (13,5 % au-dessus des coûts de référence). Selon le scénario basé sur des émissions élevées, les coûts cumulés des deux stratégies sont compris entre 44 milliards de dollars (5,5 % au-dessus des coûts de référence) et 174 milliards de dollars (21,8 % au-dessus des coûts de référence).

⁴⁶ Ces résultats sont fondés sur la projection médiane dans chaque scénario d'émissions. Bien que les résultats demeurent valides dans l'ensemble du portefeuille pour la plupart des scénarios climatiques, la stratégie d'adaptation optimale pour les biens individuels peut varier selon les caractéristiques particulières des biens. Voir la section 6 pour tous les détails.

⁴⁷ L'adaptation à des dangers climatiques plus extrêmes serait plus coûteuse que l'adaptation à des dangers climatiques moins extrêmes. Voir l'annexe D pour tous les détails.



ROAD CLOSED
LOCAL TRAFFIC ONLY

191

PUBLIC
UTILITIES
BUILDING

FOR LEASE
519-240-5850



6 | Comparaison des coûts de différentes stratégies de gestion des biens

Les sections 4 et 5 ont exposé les coûts nécessaires pour maintenir les biens en bon état de fonctionnement face aux changements climatiques selon trois stratégies de gestion des biens : *absence d'adaptation*, *adaptation réactive* et *adaptation proactive*. Aucune des stratégies présentées dans le présent rapport ne constitue une représentation précise des coûts à venir, et le calcul des coûts pour l'ensemble des biens n'a pas pour objectif de faciliter les prises de décisions en matière de gestion de biens particuliers. Ces stratégies ont été élaborées afin d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire que les évolutions des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel pourraient imposer sur la province et les municipalités au cours de ce siècle.

Cette section compare les estimations de coûts des trois stratégies de gestion des biens et examine les différences entre leurs profils de coûts. Elle aborde ensuite les facteurs qui étaient en dehors du champ d'analyse du BRF, mais qui sont pertinents pour la détermination de la stratégie la plus rentable en matière de gestion des bâtiments publics de l'Ontario face aux changements climatiques.

L'adaptation des bâtiments publics pourrait modestement réduire les coûts d'infrastructure directs pour la province et les municipalités

Les évolutions en matière de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel/dégel feront augmenter les coûts induits par le maintien des bâtiments publics de l'Ontario en bon état de fonctionnement, que les bâtiments soient adaptés ou non. Cependant, le calendrier selon lequel les coûts supplémentaires sont engagés, ainsi que la proportion de bâtiments adaptés, varie selon les différentes stratégies d'adaptation.

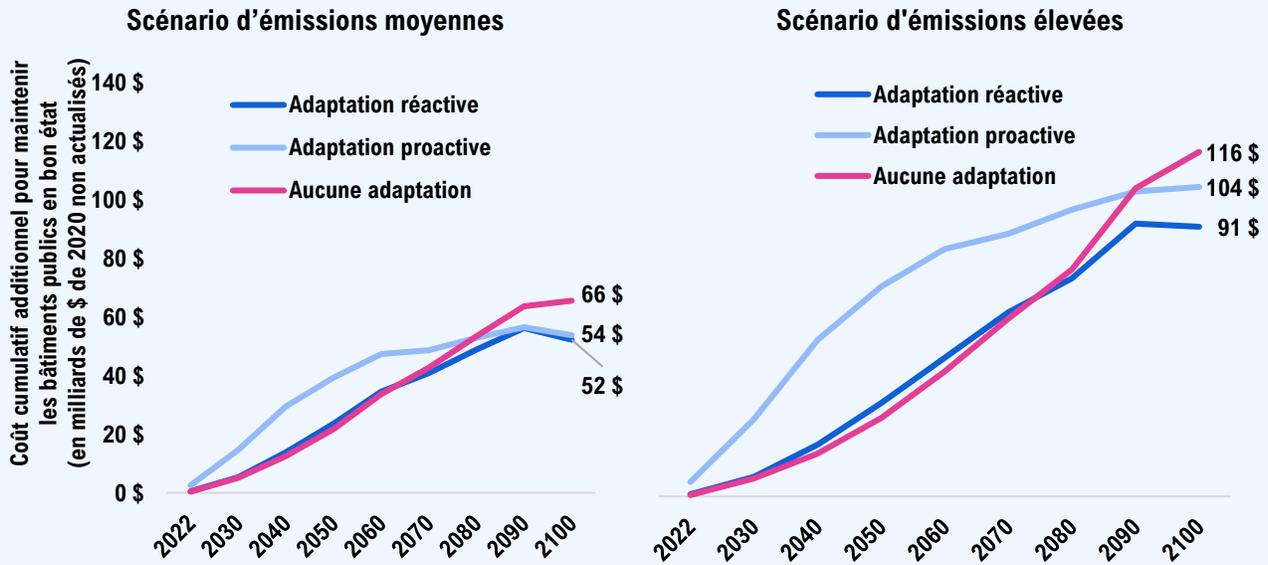
La figure 6-1 montre comment les coûts cumulés augmentent dans les trois stratégies en fonction de différents scénarios de niveaux d'émissions. Selon la *stratégie de non-adaptation*, les coûts supplémentaires s'accumulent de façon continue au cours de la période de projection à mesure que les précipitations et les périodes de chaleur s'intensifient. Les coûts ont un profil similaire selon la *stratégie d'adaptation réactive*, dans laquelle les économies n'interviennent qu'après les années 2070.

À l'inverse, la *stratégie d'adaptation proactive* engendre des coûts d'adaptation substantiels au cours des quatre prochaines décennies puisque tous les bâtiments publics sont adaptés prioritairement sous forme de rénovations. Cette stratégie engendre des coûts initiaux bien plus élevés en comparaison des stratégies réactive et de *non-adaptation*. Dans cette stratégie, tous les bâtiments publics sont adaptés d'ici 2060, ce qui conduit à une augmentation bien plus lente des coûts pour la fin du siècle.



Graphique 6-1

Les stratégies de gestion des biens élaborées pour faire face aux épisodes de précipitations et de chaleurs extrêmes ont différents profils de coûts



Remarque : les coûts présentés sont basés sur la projection médiane (50^e percentile) dans chaque scénario d'émissions. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période.
Source : BRF.

Dans les scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées, le BRF estime que, sur une base non actualisée, les coûts cumulés d'ici la fin du 21^e siècle sont les plus élevés dans la stratégie de *non-adaptation*, suivi des stratégies d'*adaptation proactive* et d'*adaptation réactive*⁴⁸.

Bien que les différences entre les coûts cumulés dans les trois stratégies soient faibles par rapport à l'augmentation des coûts dans leur globalité, la proportion des biens qui restent vulnérables face aux changements climatiques diffère considérablement. Selon la *stratégie proactive*, 100 % des biens sont adaptés d'ici 2060. Selon la *stratégie réactive*, seulement 32 % des biens sont adaptés d'ici 2060 et ce chiffre passe à 77 % à la fin du siècle. Selon la *stratégie de non-adaptation*, tous les biens restent vulnérables à ces changements climatiques.

⁴⁸ Pour une discussion et une présentation des résultats sur une base actualisée, voir l'annexe E.



Le tableau 6-1 présente un résumé des coûts, du calendrier et de l'exposition aux risques des bâtiments publics dans les trois stratégies d'adaptation.

Tableau 6-1

Résumé des résultats selon les différentes stratégies de gestion des biens

	Stratégie de non-adaptation	Stratégie d'adaptation réactive	Stratégie d'adaptation proactive
À quel moment les bâtiments sont-ils adaptés?	Aucun bâtiment n'est adapté	Les bâtiments sont adaptés lors de leurs réfections	Les bâtiments sont adaptés dès que possible
Quels sont les coûts supplémentaires engendrés?	Coûts engendrés par une détérioration plus rapide et des dépenses E et E plus élevées	Coûts engendrés par une détérioration plus rapide et des dépenses E et E plus élevées avant l'adaptation, les coûts d'adaptation des biens lors de la réfection et les coûts liés au maintien de biens adaptés de plus grande valeur en bon état de fonctionnement	Coûts engendrés par une détérioration plus rapide et des dépenses E et E plus élevées avant l'adaptation, les coûts d'adaptation des biens (notamment rénovations ponctuelles ou coûts supplémentaires de réfection) et les coûts liés au maintien de biens adaptés de plus grande valeur en bon état de fonctionnement
Quel est le calendrier de ces coûts supplémentaires?	Les coûts s'accumulent régulièrement au cours du siècle	Les coûts s'accumulent régulièrement, mais se stabilisent vers la fin du siècle lorsqu'une majorité de bâtiments ont été adaptés et évitent des coûts engendrés par une détérioration plus rapide et des dépenses E et E plus élevées	Les coûts augmentent rapidement jusqu'en 2060 en raison de l'adaptation des bâtiments, puis ils augmentent plus lentement puisque les biens adaptés ne subissent pas de détérioration plus rapide et d'augmentation des dépenses E et E
Quelle est la proportion des bâtiments adaptés d'ici 2100?	Aucun bien n'est adapté	Environ 77 % des biens sont adaptés	Tous les biens sont adaptés

Source : BRF.



D'autres facteurs sont à prendre en considération pour évaluer l'efficacité du coût des stratégies d'adaptation

Le chiffrage de trois stratégies de gestion des biens différentes au niveau de l'ensemble des biens avait pour objectif d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire que les évolutions des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel pourraient imposer à la province et les municipalités au cours de ce siècle. Cependant, pour pouvoir prendre des décisions quant à l'adaptation de biens particuliers, de nombreux autres facteurs doivent être pris en compte.

Définir la stratégie de gestion la plus rentable pour un bâtiment déterminé nécessite de prendre en compte les caractéristiques individuelles du bien (notamment son ancienneté, son état et ses faiblesses face au climat), et de trouver un équilibre avec d'autres priorités étant donné les contraintes budgétaires du gouvernement. Une analyse de rentabilité devrait également prendre en considération un ensemble plus large d'impacts climatiques sur la durée de vie utile d'un bien que ceux inclus dans le champ de l'analyse du BRF⁴⁹. Les coûts et avantages suivants n'ont pas été inclus dans le champ d'analyse du BRF, alors qu'ils auraient vraisemblablement des impacts financiers considérables.

- Des remises en état et des inspections plus fréquentes pourraient potentiellement perturber les services rendus par le bien, tout comme les interruptions de service non planifiées. De telles perturbations peuvent avoir un impact sur la productivité, la vie de la communauté, la santé et la sécurité, particulièrement pour les services essentiels tels que les hôpitaux, les écoles ou les infrastructures de traitement des eaux. Dans les cas extrêmes, des événements climatiques graves pourraient rendre le bien totalement inutilisable, ce qui impacterait considérablement les propriétaires et les usagers du bien.
- Des dégâts sur une partie d'un bâtiment pourraient avoir un impact sur l'infrastructure environnante et entraîner des coûts financiers supérieurs pour d'autres propriétaires de biens. L'approche du BRF aborde l'impact de chaque danger climatique indépendamment et ne prend pas en compte les interdépendances significatives entre les composants des infrastructures. Par exemple, des précipitations extrêmes peuvent endommager l'enveloppe d'un bâtiment, mais l'incapacité du bâtiment à résister à la pluie pourrait également endommager les infrastructures environnantes.
- Étant donné que les bâtiments ont une longue durée de vie utile, leur adaptation peut réduire les coûts liés aux dangers climatiques bien au-delà de l'horizon de projection de 2100.
- Ces avantages associés aux stratégies d'adaptation ne sont pas inclus.

L'intégration de ces aspects dans l'analyse ferait apparaître les avantages bien plus importants que procure une stratégie d'adaptation⁵⁰.

⁴⁹ Plusieurs outils peuvent faciliter la mise en place d'un processus décisionnel en matière d'adaptation face aux changements climatiques qui prennent en compte à la fois les coûts et les avantages financiers et économiques de l'adaptation. Voir *Economics of Adaptation, Assessing The Costs And Benefits Of Adaptation Options* pour de l'information sur différents outils décisionnels, le document de 2018 de l'OCDE pour une discussion générale sur les coûts et les avantages d'une stratégie d'adaptation et le document du gouvernement du Canada 2019 pour des directives générales sur les décisions en matière d'adaptation.

⁵⁰ Pour des discussions sur la valeur des avantages indirects d'une stratégie d'adaptation et des coûts indirects des perturbations de service en lien avec une infrastructure de bâtiment, voir les documents de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2020, et de l'UNEP, 2021. Pour une discussion sur l'amplitude des coûts et des avantages indirects pour d'autres secteurs, voir Neumann, J. E., Chinowsky, P., Helman, J. et coll., 2021.

7 | Annexe



Annexe A : Parc des bâtiments et installations analysé

Tableau 7-1

Une infrastructure immobilière provinciale et municipale valorisée à 254,3 milliards de dollars (valeur de remplacement actuelle) a été incluse dans le champ d'études de ce rapport

Ordre de gouvernement	Secteur	VRA totale (milliards de dollars 2020)	Description
Provincial	Transport en commun	5 \$	<ul style="list-style-type: none"> Les biens de transport en commun de l'Ontario sont la propriété de Metrolinx, dont les opérations sont concentrées dans la région élargie du Golden Horseshoe (REGH), ainsi que de la Commission de transport Ontario Northland (CTON), qui dessert principalement le nord-est de l'Ontario. Metrolinx possède le réseau de transport en commun GO, qui comprend environ 70 gares, ainsi que le réseau UP Express.
	Hôpitaux	45 \$	<ul style="list-style-type: none"> Les biens hospitaliers en Ontario sont la propriété de 141 associations hospitalières sous contrôle de la province par l'entremise du ministère de la Santé. Au total, on compte 913 bâtiments, qui totalisent plus de 90 millions de pieds carrés. En moyenne, chaque bâtiment a approximativement 47 ans. On compte également 243 biens immobiliers sur les sites représentant 9 000 pieds carrés, et dont l'âge moyen est d'approximativement 49 ans.
	Écoles	67 \$	<ul style="list-style-type: none"> Les écoles primaires et secondaires de l'Ontario sont la propriété de 72 conseils scolaires locaux et quatre responsables des conseils scolaires sont contrôlés par la province par l'entremise du ministère de l'Éducation (EDU). Au total, on compte approximativement 5 000 bâtiments scolaires totalisant environ 290 millions de pieds carrés, dont l'âge moyen avoisine 41 ans⁵¹. Au total, on compte approximativement 161 bâtiments utilisés à des fins administratives totalisant environ 4,4 millions de pieds carrés, dont l'âge moyen avoisine 43 ans.
	Collèges	11 \$	<ul style="list-style-type: none"> Les biens du secteur collégial sont la propriété des 24 collèges de l'Ontario et sont sous le contrôle de la province par l'entremise du ministère des Collèges et des Universités (MCU). Dans l'ensemble, les bâtiments des collèges disposent d'une surface totale de plus de 30 millions de pieds carrés. En moyenne, chaque campus dispose d'une surface d'environ 1,3 million de pieds carrés et est âgé de 33 ans.
	Autre	13 \$	<ul style="list-style-type: none"> Comprend les bâtiments tels que les bureaux appartenant au gouvernement, les bâtiments à vocation particulière, les établissements correctionnels, les palais de justice, etc. Les autres biens d'infrastructure provinciaux sont administrés par divers ministères, mais principalement consolidés par le ministère des Services gouvernementaux et des Services aux Consommateurs (MSGSC) ainsi que le ministère des Richesses naturelles et des Forêts (MRNF).

⁵¹ En outre, les conseils scolaires de l'Ontario possèdent environ 7 000 classes modulaires. Cependant, ces biens sont exclus de l'analyse du BRF.



Ordre de gouvernement	Secteur	VRA totale (milliards de dollars 2020)	Description
Municipal			<ul style="list-style-type: none"> Le MSGSC regroupe les biens immobiliers dans le Portefeuille immobilier général (PIG), qui fournit les services d'immobilisation et de gestion de projet pour les autres entités provinciales. Le PIG regroupe plus de 150 immeubles de bureaux disposant d'une surface totale d'environ 10 millions de pieds carrés, avec une surface moyenne pour chacun d'environ 65 000 pieds carrés et un âge moyen de 47 ans. Le PIG regroupe également les bâtiments à vocation particulière, lesquels incluent les biens du secteur de la justice, comme les établissements correctionnels et les palais de justice, et plusieurs biens de moindre envergure, tels que les installations d'entreposage.
	Associés aux transports en commun	2 \$	<ul style="list-style-type: none"> Bâtiments appartenant à des municipalités, tels que les gares/terminaux de voyageurs et les abribus, ainsi que les installations de maintenance et d'entreposage.
	Associés à l'eau	37 \$	<ul style="list-style-type: none"> 13 milliards de dollars de bâtiments associés à la production d'eau potable, tels que les stations de pompage et les installations de traitement de l'eau. 23 milliards de dollars de bâtiments associés au traitement des eaux usées, tels que les stations de relèvement des eaux usées, les stations de pompage et les stations d'épuration. 1 milliard de dollars de bâtiments associés aux eaux de pluie, tels que les stations de pompage des eaux de drainage.
	Autres bâtiments et installations	75 \$	<ul style="list-style-type: none"> 23 milliards de dollars de logements sociaux, 19 milliards de dollars de bâtiments administratifs du gouvernement, 19 milliards de dollars d'installations de tourisme, culture et sport, et environ 13 milliards de dollars de bâtiments et installations de justice, santé, services sociaux, traitement des déchets et autres.

Remarque : les données sur l'ancienneté présentées datent de 2020.

Source : l'analyse par le BRF des données municipales et provinciales comme détaillées dans les documents du Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario 2020 et 2021a.



Annexe B : Ensemble des variables climatiques utilisées dans l'analyse chiffrée

Le Centre canadien des services climatiques a fourni les projections pour tous les indicateurs climatiques utilisés dans l'analyse chiffrée du BRF. Différents indicateurs climatiques ont été utilisés en fonction de la nature de l'interaction du danger climatique avec des composants spécifiques d'un bâtiment. Consulter le rapport de WSP pour une description et une explication complètes⁵².

Tableau 7-2

Projection d'évolution des variables climatiques entre 1976-2005 et 2071-2100, moyenne en Ontario

Danger climatique	Variable	Définition	Émissions faibles (RCP2.6)	Émissions moyennes (RCP4.5)	Émissions élevées (RCP8.5)
Chaleurs extrêmes	Température quotidienne maximale moyenne en juillet	Moyenne mensuelle de la température quotidienne maximale en juillet	+1,8 °C (+0,9 à 2,5 °C)	+3,6 °C (+1,9 à 3,8 °C)	+6,5 °C (+4,0 à 7,9 °C)
	2,5 % de la température quotidienne maximale en juillet	97,5 e percentile de la répartition de température quotidienne maximale en juillet	+1,9 °C (+0,9 à 2,8 °C)	+3,4 °C (+2,4 à 4,3 °C)	+6,5 °C (+4,3 à 7,6 °C)
	Nombre annuel de degrés-jour de refroidissement	Somme annuelle des degrés au-dessus de 18 °C	+71 °C-jours (+37 à 117 °C-jours)	+161 °C-jours (+86 à 212 °C-jours)	+381 °C-jours (+225 à 515 °C-jours)
Précipitations extrêmes	Total des précipitations annuelles	Total annuel des précipitations reçues	+7,1 % (+4,0 à 7,8 %)	+9,8 % (+4,4 à 10,3 %)	+15,0 % (+6,2 à 18,2 %)
	IDF 15 min. 1:10	Précipitations extrêmes courtes pour un événement de 15 minutes avec une fréquence de 1 sur 10 ans	+14,6 % (+9,8 à 23,5 %)	+24,9 % (+16,1 à 39,4 %)	+53,0 % (+38,0 à 78,2 %)
	IDF 24 heures 1:5	Précipitations extrêmes courtes pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 5 ans	+14,6 % (+9,8 à 23,5 %)	+24,9 % (+16,1 à 39,4 %)	+53,0 % (+38,0 à 78,2 %)
	IDF 24 heures 1:100	Précipitations extrêmes courtes pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 100 ans	+14,6 % (+9,8 à 23,5 %)	+24,9 % (+16,1 à 39,4 %)	+53,0 % (+38,0 à 78,2 %)
	IDF 24 heures 1 h 10	Précipitations extrêmes courtes pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 10 ans	+14,6 % (+9,8 à 23,5 %)	+24,9 % (+16,1 à 39,4 %)	+53,0 % (+38,0 à 78,2 %)
Cycles de gel-dégel	Cycles de gel-dégel annuels	Nombre de jours par an avec une température maximale quotidienne supérieure à 0 °C et une température minimale quotidienne inférieure à 0 °C	-5,5 % (-5,2 à 0,0 %)	-12,1 % (-19,2 à 0,0 %)	-15,1 % (-24,9 à 0,0 %)
	Cycles de fort gel-dégel	Nombre de jours par an avec une température maximale quotidienne supérieure à 0 °C, une température minimale quotidienne inférieure à 0 °C et une température quotidienne moyenne égale ou inférieure à 0 °C	-2,3 % (-8,3 à +4,6 %)	-4,4 % (-10,8 à +4,8 %)	-4,9 % (-15,8 à +12,5 %)

Remarque : les nombres sont arrondis. Projections médianes (50^e percentile) des variables climatiques présentées, suivies des plages entre parenthèses. Les plages indiquent les projections de 10^e et le 90^e percentile.

Source : Centre canadien des services climatiques.

⁵² Consulter WSP, 2021.



Annexe C : L'impact des dangers climatiques sur les bâtiments publics

En l'absence de mesures d'adaptation, l'évolution des épisodes de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel/dégel aura un impact sur la durée de vie utile des bâtiments publics. Elle aura également des conséquences sur les dépenses d'exploitation et d'entretien (E et E) nécessaires pour maintenir l'ensemble des bâtiments publics de l'Ontario en bon état de fonctionnement. Cependant, l'adaptation des bâtiments publics pour résister aux changements climatiques nécessitera des investissements.

Afin d'établir des corrélations entre les indicateurs climatiques pertinents et les coûts d'infrastructure clé, le BRF a collaboré avec WSP, une grande firme d'ingénierie dont l'expertise s'étend à tous les aspects de l'infrastructure publique, notamment la gestion des biens d'infrastructure, la construction et l'exploitation d'infrastructures publiques et les impacts du changement climatique. Le WSP a estimé les relations entre les variables climatiques ainsi que les coûts d'infrastructure et a interrogé des experts en ingénierie. Afin de tenir compte des incertitudes en matière d'ingénierie, le WSP a regroupé les réponses et présenté des relations optimistes, pessimistes et plus probables sur les coûts. Ces corrélations constituent la base à partir de laquelle le BRF a estimé les coûts supplémentaires induits par les dangers climatiques pour les bâtiments publics de l'Ontario⁵³.

Selon ces relations d'ingénierie, cette annexe décrit comment les trois dangers climatiques devraient impacter la durée de vie utile et les coûts d'exploitation et d'entretien des bâtiments publics de l'Ontario jusqu'à la fin du 21^e siècle. Elle fournit également des estimations du coût moyen nécessaire pour adapter les bâtiments publics à l'évolution prévue de ces dangers climatiques pour chaque décennie du siècle.

Bien que les projections climatiques régionales aient été utilisées pour élaborer les estimations de coûts du BRF, les résultats présentés dans cette annexe combinent les projections climatiques moyennes pour l'Ontario avec les corrélations de coûts de WSP afin d'illustrer les impacts. Les impacts techniques par région économique sont disponibles sur le site Web du BRF.

En l'absence d'adaptation, les dangers climatiques réduisent la durée de vie utile des bâtiments publics

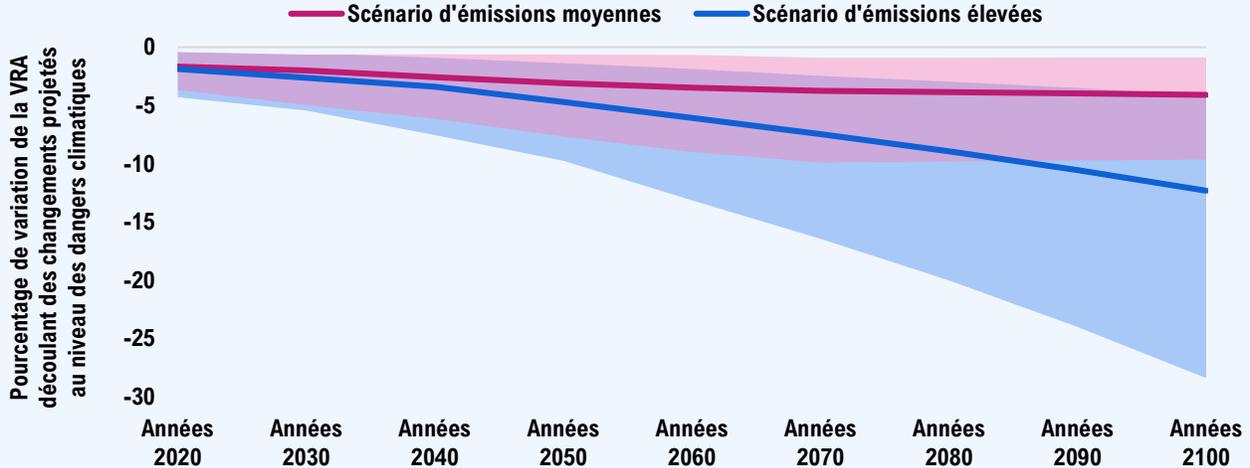
Le BRF estime que la multiplication des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes réduit la durée de vie utile des bâtiments publics en Ontario, entraînant une détérioration plus rapide que celle qui serait intervenue en présence d'un climat stable. Sur le long terme, la multiplication des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes réduira encore plus la durée de vie utile des bâtiments dans les deux scénarios d'émissions, même si l'impact est toutefois plus significatif dans le scénario d'émissions élevées. Bien que les impacts sur les bâtiments individuels puissent être variables, ces résultats devraient être interprétés comme l'impact moyen pour l'ensemble des bâtiments publics dans le champ d'analyse du projet.

⁵³ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b.



Graphique 7-1

En l'absence de mesures d'adaptation, la durée de vie utile des bâtiments publics diminuera en raison des variations projetées des épisodes de chaleur extrême, de précipitations extrêmes et de cycles gel-dégel



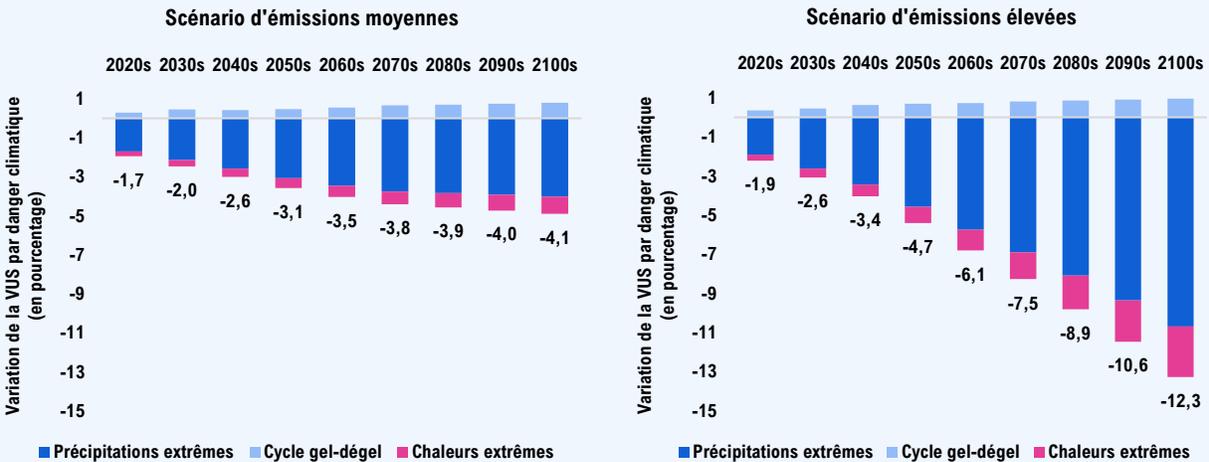
Remarque : la ligne pleine est la projection climatique médiane (ou 50^e percentile) qui repose sur les résultats techniques du cas « le plus probable ». Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario d'émissions en tenant compte des incertitudes climatiques et techniques.

Source : WSP et BRP.

Les tendances en matière de précipitations extrêmes sont le principal inducteur des diminutions de la durée de vie utile pour l'ensemble des bâtiments publics de l'Ontario, suivis d'épisodes de chaleurs extrêmes. Bien que les tendances à la diminution des cycles gel/dégel devraient prolonger la durée de vie utile, ceci est plus que compensé par l'impact des autres dangers climatiques.

Graphique 7-2

La hausse des épisodes de précipitations extrêmes est le facteur le plus important accélérant la détérioration des bâtiments publics



Remarque : ces valeurs sont basées sur les projections climatiques moyennes médianes (50^e percentile) de l'Ontario qui reposent sur les estimations de résultats techniques du cas « le plus probable ». L'éventail d'incertitudes climatiques et techniques a été omis dans cette figure pour des raisons de présentation.

Source : WSP et BRP.

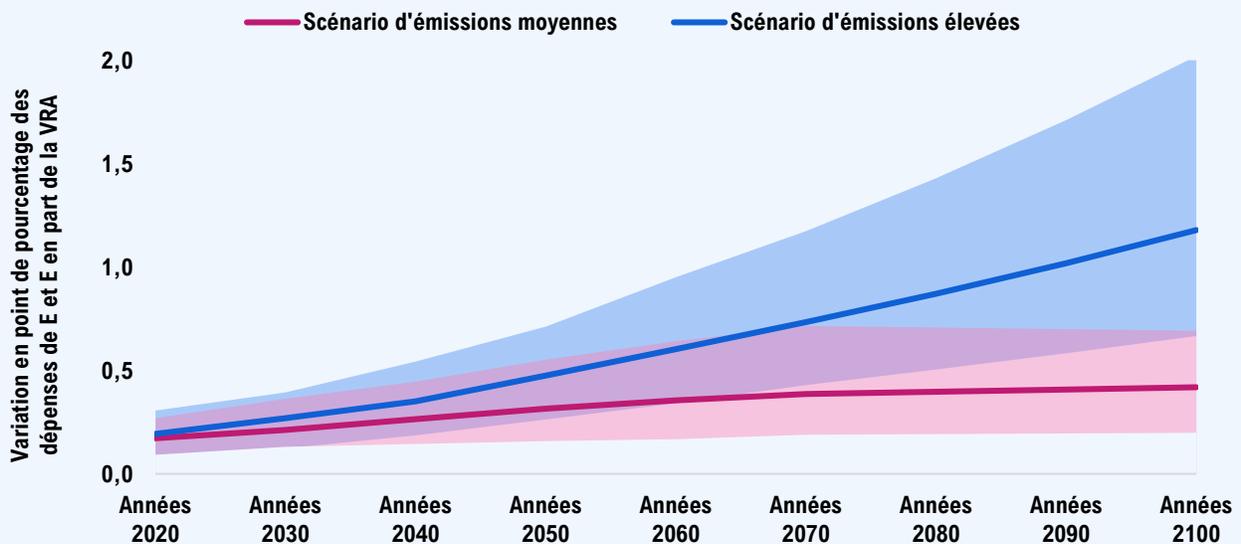


En l'absence de mesures d'adaptation, les dangers climatiques feront augmenter les dépenses d'E et E des bâtiments publics

Le BRF estime que la multiplication des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes fait augmenter les dépenses d'E et E des bâtiments publics plus rapidement que si le climat était resté stable. Jusqu'à la fin du siècle, les dépenses d'E et E nécessaires pour maintenir les bâtiments publics en bon état de fonctionnement devraient augmenter dans les deux scénarios d'émissions, avec cependant une augmentation plus forte dans le scénario basé sur des émissions élevées.

Graphique 7-3

Les variantes prévues en matière de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel-dégel feront augmenter les dépenses d'E et E en l'absence de mesures d'adaptation



Remarque : la ligne pleine est la projection climatique médiane (ou 50^e percentile) qui repose sur les résultats techniques du cas « le plus probable ». Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario d'émissions en tenant compte des incertitudes climatiques et techniques.

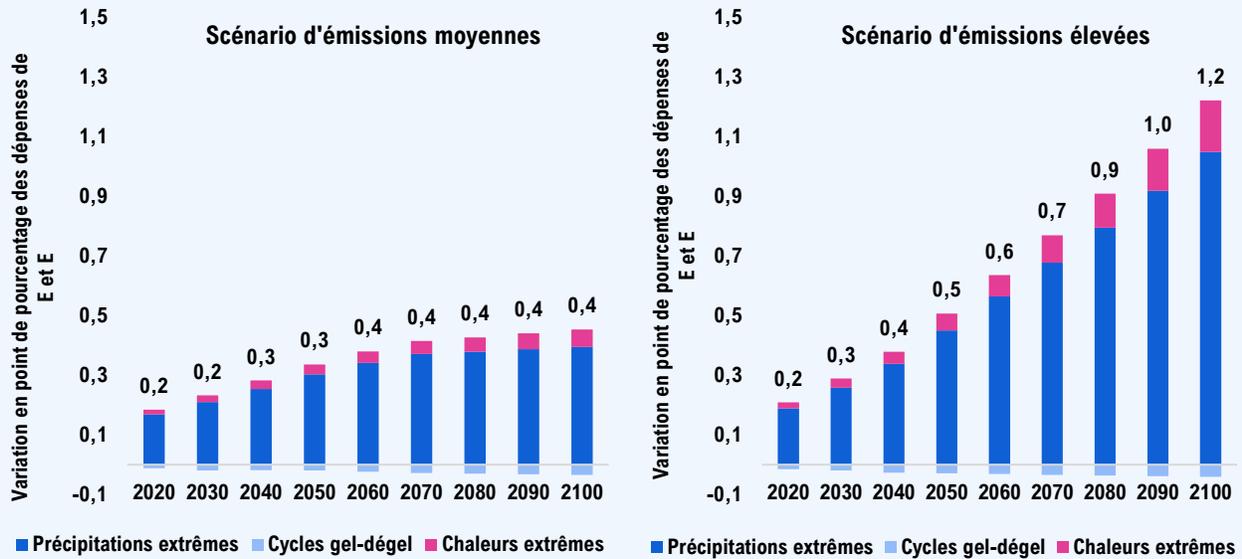
Source : WSP et BRF.

La tendance à la hausse des épisodes de précipitations extrêmes devrait être responsable de la plupart des augmentations prévues des dépenses d'exploitation et d'entretien des bâtiments publics, alors que les épisodes de chaleurs extrêmes ont un impact bien plus limité. En moyenne, la diminution future des cycles gel/dégel ne réduira que modestement les dépenses d'exploitation et d'entretien des bâtiments publics, bien que les impacts des autres dangers soient plus que compensés par cette petite réduction.



Graphique 7-4

La multiplication des épisodes de précipitations extrêmes contribuera le plus à l'augmentation des coûts d'E et E des bâtiments publics



Remarque : ces valeurs sont basées sur les projections climatiques moyennes médianes (ou 50^e percentile) de l'Ontario qui reposent sur les estimations de résultats techniques du cas « le plus probable ». L'éventail d'incertitudes climatiques et techniques a été omis dans cette figure pour des raisons de présentation.
 Source : WSP et BRF.

Le coût de l'adaptation des bâtiments publics pour qu'ils résistent aux dangers climatiques augmente avec l'ampleur du changement climatique

Dans le cadre de travail du BRF, l'adaptation correspond à l'altération des composants physiques d'un bâtiment afin de prévenir une détérioration plus rapide et une augmentation des dépenses d'exploitation et d'entretien dues à la multiplication des épisodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes. Les coûts d'adaptation sont considérés comme des investissements ponctuels, qui interviennent soit sous la forme d'une rénovation au cours de la vie utile d'un bâtiment, soit dans le cadre d'une reconception et d'une reconstruction totales à la fin de sa durée de vie utile.

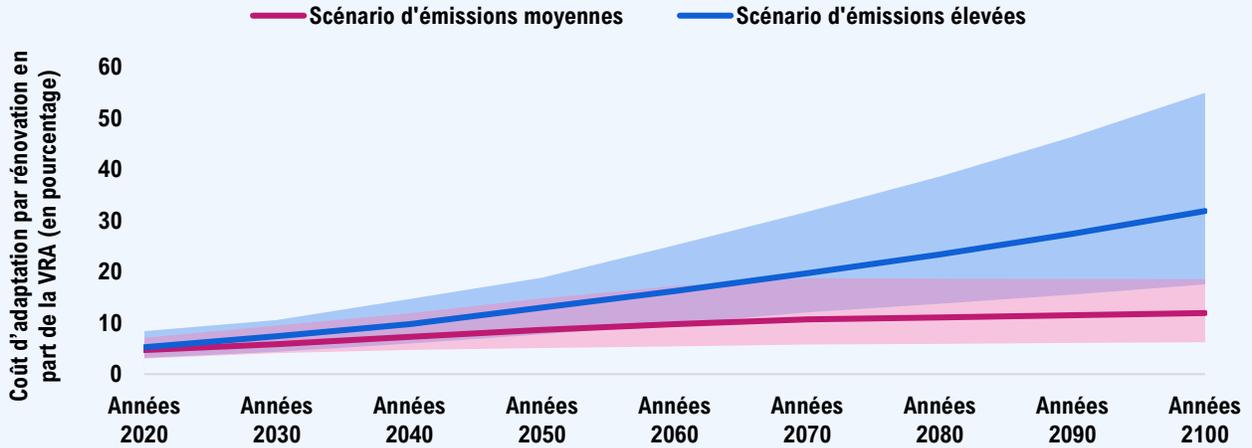
Les coûts d'adaptation sont également présumés varier selon la gravité des dangers climatiques auxquels les bâtiments adaptés sont conçus pour résister. Plus le danger climatique est important, plus les coûts d'adaptation devraient être élevés. Selon les estimations de WSP, le coût d'adaptation d'un bâtiment pendant sa vie utile sous forme de rénovation est considéré comme étant plus élevé que le coût de conception et de construction d'un nouveau bâtiment adapté au climat à la fin de sa durée de vie.

Bien que l'analyse du BRF utilise uniquement les estimations de coûts pour les années 2080 afin d'estimer les coûts d'adaptation de l'ensemble des biens, le total des coûts par décennie est indiqué ci-dessous pour illustrer la façon dont ces coûts varient selon l'évolution des dangers climatiques. Les coûts d'adaptation sont exprimés en pourcentage de la valeur de remplacement actuelle d'un bâtiment. Par exemple, si un bâtiment est valorisé à hauteur de 1 million de dollars, et que le coût de son adaptation est estimé à 5 %, ce coût d'adaptation est de 50 000 dollars. Tous les coûts sont en dollars indexés de 2020.



Graphique 7-5

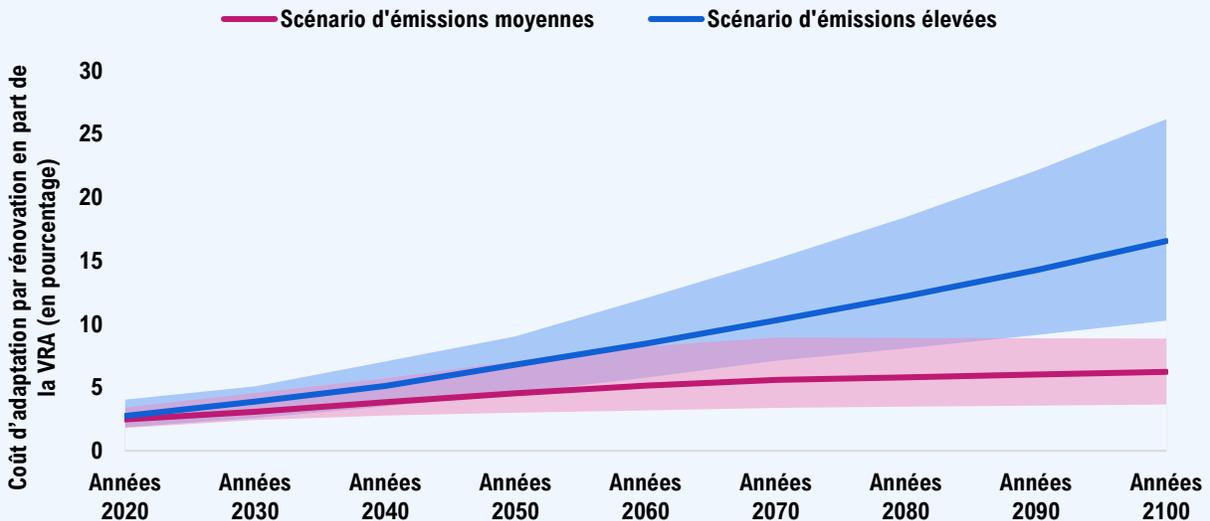
Le coût des rénovations des bâtiments publics de l'Ontario pour qu'ils résistent aux pluies aux chaleurs extrêmes dépendra de l'ampleur des changements climatiques



Remarque : la ligne pleine est la projection climatique médiane (ou 50^e percentile) qui repose sur les résultats techniques du cas « le plus probable ». Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario d'émissions en tenant compte des incertitudes climatiques et techniques.
Source : WSP et BRF.

Graphique 7-6

Le coût de l'adaptation des bâtiments publics de l'Ontario pour qu'ils résistent aux pluies aux chaleurs extrêmes dépendra de l'ampleur des changements climatiques



Remarque : la ligne pleine est la projection climatique médiane (ou 50^e percentile) qui repose sur les résultats techniques du cas « le plus probable ». Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario d'émissions en tenant compte des incertitudes climatiques et techniques.
Source : WSP et BRF.

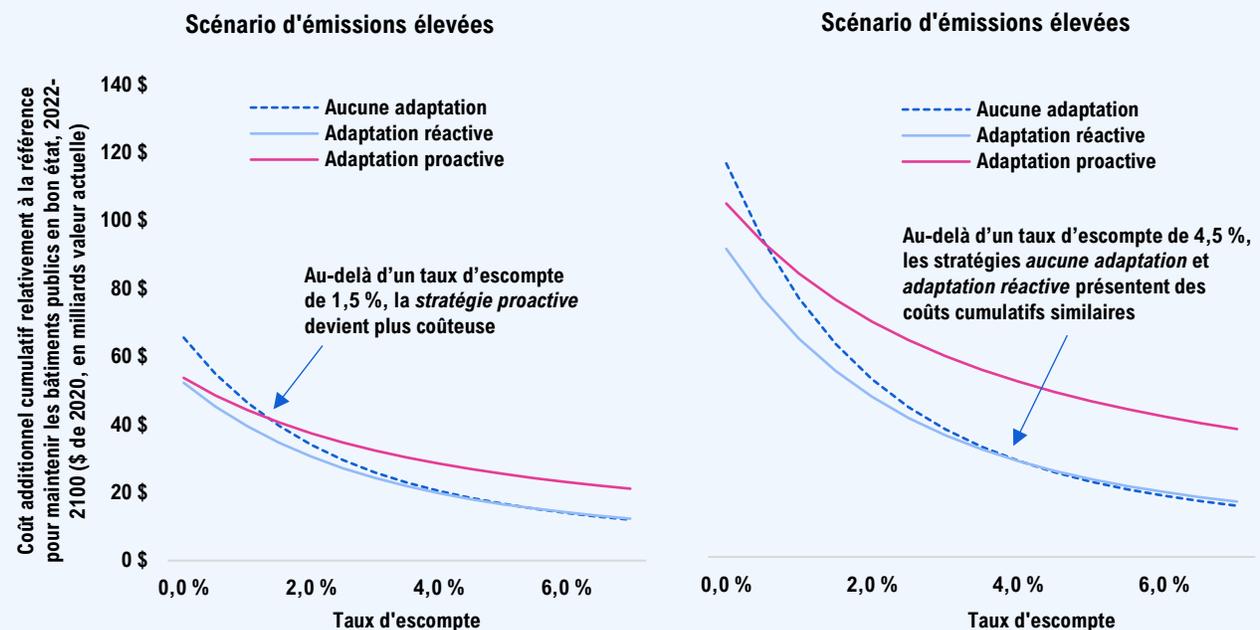
Annexe D : Comparaison de la valeur actuelle des coûts selon différentes stratégies de gestion des biens

Lors de l'évaluation des décisions financières, la synchronisation des mouvements de trésorerie est importante⁵⁴. Une approche standard pour traiter des implications du calendrier des dépenses consiste à escompter les coûts en dollars actuels à l'aide d'un taux d'escompte. Une fois actualisés, les coûts engendrés dans le futur ont un poids plus faible par rapport aux coûts engendrés plus tôt.

La section 6 a montré qu'en dollars indexés non actualisés, la *stratégie d'adaptation réactive* avait un coût supplémentaire cumulé marginalement inférieur sur la période de projection, suivie de la *stratégie d'adaptation proactive*, puis de la *stratégie de non-adaptation* qui présente les coûts les plus élevés. Le graphique 7-7 montre comment le choix du taux d'escompte impacte la valeur actuelle des estimations de coût total pour les projections climatiques médianes.

Graphique 7-7

Coût en valeur actuelle pour chaque stratégie de gestion des biens selon différents taux d'escompte



Remarque : les coûts présentés reposent sur les projections climatiques médianes (50^e percentile) et les coûts techniques du cas « le plus probable ».

Source : BRF.

À des taux d'escompte supérieurs à 1 ou 1,5 % (selon le scénario d'émissions), la *stratégie d'adaptation proactive* est plus coûteuse en valeur actuelle que les autres stratégies. À des taux d'escompte inférieurs à 4,5 ou 5,5 %, la *stratégie d'adaptation réactive* reste la stratégie la moins coûteuse en valeur actuelle.

⁵⁴ Pour une discussion sur l'importance des taux d'escompte dans l'évaluation des projets d'adaptation climatique, voir Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014.



Cependant, au-dessus de 4,5 ou 5,5 %, les valeurs actuelles des stratégies d'*adaptation réactive* et de *non-adaptation* deviennent similaires. Ceci est dû au fait que les profils de coût des deux stratégies sont comparables jusque dans les années 2070 (voir la figure 6-1), et que les économies permises par la *stratégie d'adaptation réactive* après les années 2070 sont plus fortement escomptées à des taux supérieurs.

Le choix d'un taux d'escompte affecte les coûts relatifs de chaque stratégie. Le choix du taux aura des implications en termes d'équité intergénérationnelle, ceci parce que des taux d'escompte plus élevés favorisent les générations actuelles par rapport aux générations futures. Ces stratégies n'ont pas pour objectif de faciliter les décisions de gestion portant sur des biens spécifiques, mais plutôt d'estimer l'ampleur de leurs impacts budgétaires. Les coûts comparés ci-dessus n'intègrent pas l'ensemble des impacts sociétaux imposés par ces dangers climatiques (comme noté à la section 6), et ne reflètent pas non plus les incertitudes climatiques et techniques abordées tout au long du présent rapport.



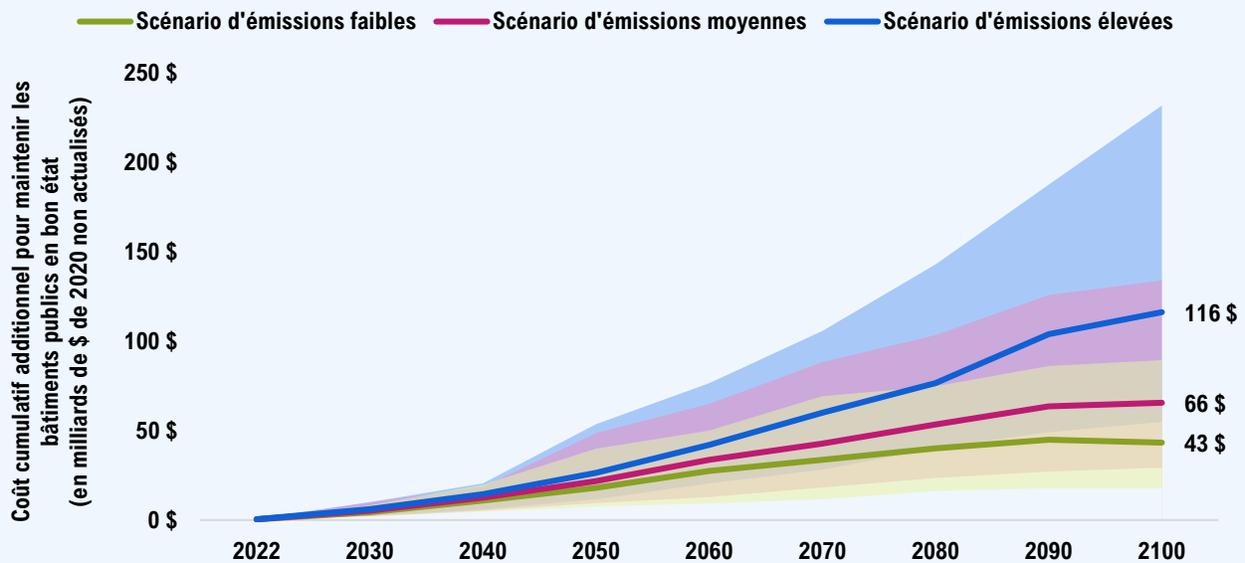
Annexe E : Résultats chiffrés du scénario d'émissions faibles

Bien que ce rapport se soit focalisé sur les scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées, l'annexe E présente les résultats chiffrés des trois stratégies d'adaptation pour tous les scénarios d'émissions.

Le scénario basé sur des émissions faibles présume d'un changement radical et immédiat des politiques mondiales. Les émissions sont présumées atteindre un pic dans les premières années de la décennie 2020, puis décliner jusqu'à zéro d'ici les années 2080, limitant ainsi l'augmentation des températures moyennes mondiales à 1,6 °C (0,8 à 2,4 °C) d'ici 2100 en comparaison de la moyenne préindustrielle.⁵⁵ Même dans le scénario de faibles émissions, les variations de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel-dégel auront des impacts financiers. Pris ensemble, elles augmenteront le coût d'entretien des bâtiments publics de l'Ontario de 43 milliards de dollars (5,4 % de plus que la valeur de référence) jusqu'à 2100 en l'absence de mesures d'adaptation.

Graphique 7-8

Selon le scénario basé sur des émissions faibles, les épisodes de précipitations et de chaleurs plus intenses feront augmenter le coût d'entretien des bâtiments publics actuels de 43 milliards de dollars en l'absence de mesures d'adaptation



Remarques : la ligne pleine correspond à la projection médiane (50^e percentile). Les bandes colorées représentent la fourchette de résultats possibles dans chaque scénario d'émissions. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés au cours de la même période.

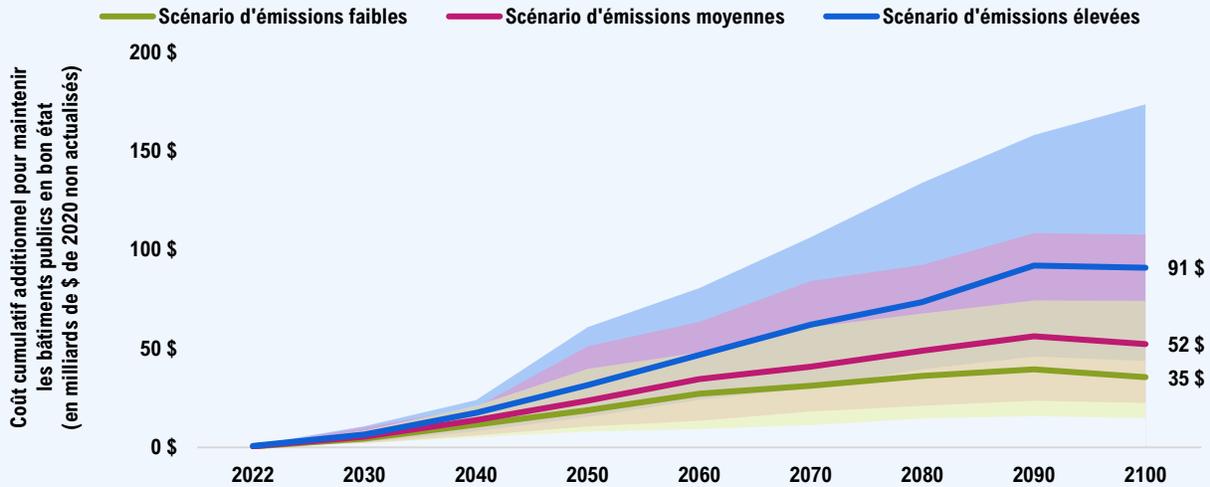
Source : WSP et BRP.

⁵⁵ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013, Tableau All.7.5. Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections de 5^e percentile au 95^e percentile des modèles utilisés.



Graphique 7-9

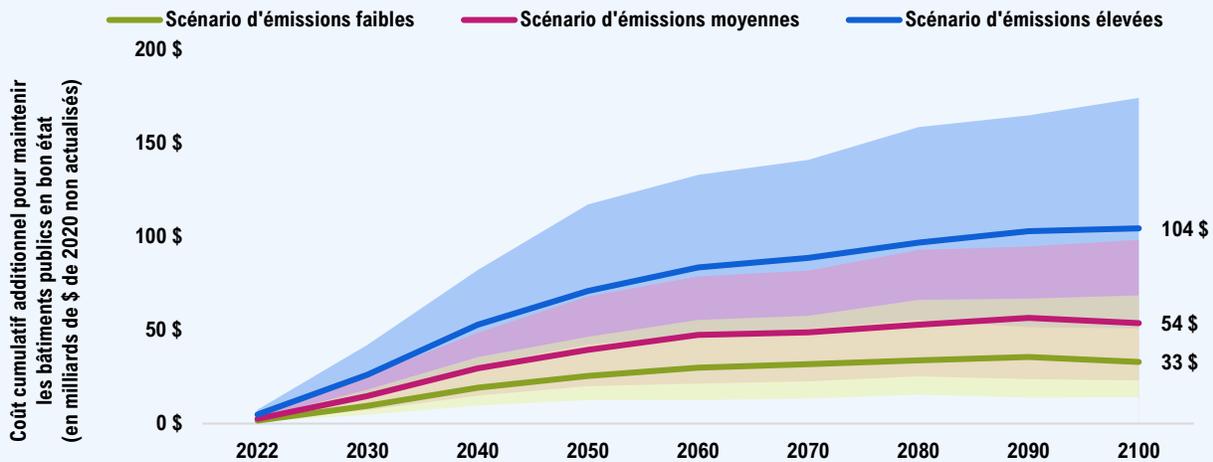
Selon le scénario basé sur des émissions faibles, une *stratégie d'adaptation réactive*, dans laquelle les bâtiments sont adaptés lors de leur réfection à la fin de leur vie utile afin de pouvoir résister aux impacts des précipitations et des chaleurs plus intenses, ajoutera 35 milliards de dollars de coûts d'infrastructure au cours du siècle



Remarques : la ligne pleine correspond à la projection médiane (50^e percentile). Les bandes colorées représentent la fourchette de résultats possibles dans chaque scénario d'émissions. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés au cours de la même période.
Source : WSP et BRF.

Graphique 7-10

Selon le scénario basé sur des émissions faibles, une *stratégie d'adaptation proactive*, dans laquelle les bâtiments sont adaptés dès que possible afin de pouvoir résister aux impacts des précipitations et des chaleurs plus intenses, ajoutera 33 milliards de dollars de coûts d'infrastructure au cours du siècle



Remarques : la ligne pleine correspond à la projection médiane (50^e percentile). Les bandes colorées représentent la fourchette de résultats possibles dans chaque scénario d'émissions. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés au cours de la même période.
Source : WSP et BRF.

8 | Bibliographie



Asset Management BC. *Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer*.

Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2020, *L'infrastructure provinciale*.

Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021a, *L'infrastructure municipale*.

Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b, *Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique : Document d'information et méthodologie du projet*.

Gouvernement du Canada, 2019. *Optique des changements climatiques*, Infrastructure Canada.

Gouvernement du Canada, 2021. *Plateforme Canadienne d'adaptation aux changements climatiques*, Ressources naturelles Canada.

Gouvernement du Canada, 2020. *RD & D de bâtiments écoénergétiques*, Ressources naturelles Canada.

Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2020, *Estimating the benefits of Climate Resilient Buildings and Core Public Infrastructure (CRBCPI)*

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Annex II: Climate System Scenario Tables*.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Chapter 14: Economics of Adaptation*.

L'Institut international du développement durable, 2021, *Advancing the Climate Resilience of Canadian Infrastructure: A review of literature to inform the way forward*.

Conseil national de recherches Canada, 2015. *Code national du bâtiment 2015*.

Neumann, J. E., Chinowsky, P., Helman, J. et coll., 2021, *Climate effects on US infrastructure: the economics of adaptation for rail, roads, and coastal development*. *Climatic Change* **167**, 44.

Ministère des Affaires municipales de l'Ontario, 2016. *2012 Building Code Compendium Volume 1. January 1, 2017 update*.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2018. *Climate-Resilient Infrastructure*.

Pacific Climate Impacts Consortium, 2021, *PCIC Science Brief: Should the RCP 8.5 emissions scenario represent "business as usual?"*.

Warren, F. and Lulham, N., éditeurs, 2021, *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada.

Waterfront Toronto, 2021. *Projet de protection des terrains portuaires contre les inondations*.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2021, *Bâtiments et adaptation au changement climatique : un appel à l'action*.



Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2011, *Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options*.

WSP, 2021, *Chiffrer les impacts du changement climatique et de l'adaptation des infrastructures publiques provinciales et municipales en Ontario, document n° 10 – rapport final*, Toronto, Ontario. Rapport produit pour le Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario.



BRF

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

fao-on.org